

MTA YERBİLİMLERİ VE MADENCİLİK DERGİSİ



2024

5

ISSN: 2822-471X

İÇİNDEKİLER

Araştırma Makaleleri

Tuzla Gölü ve Pınarbaşı (Kayseri) bölgelerindeki Neojen yaşlı volkanik kayaların jeolojik ve jeokimyasal özellikleri	1
Sait Kenan KAYALI, Ömer Faruk ÇELİK, Rahmi Melih ÇÖRTÜK, Mutlu ÖZKAN ve Andrea MARZOLI	
Amasya-Merzifon-Çobanören (AMÇ-2016/3) jeotermal arama sondaj verilerinin incelenmesi	25
Fatih Mehmet ÖZİÇLİ	
4 Aralık 2023 Gemlik Körfezi Depremi bir öncü şok mudur?	51
Doğan KALAFAT	
MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi Yayın Kuralları.....	63

MTA GENEL MÜDÜRLÜĞÜ ADINA SAHİBİ
GENEL MÜDÜR
Vedat YANIK

REDAKSİYON KURULU

Şule GÜRBOĞA (Başkan)
Ural ŞAVUR
Buğra ÇAVDAR
Büşra Bihter KURT
Neşe OYAL
Selim ÖZALP
Feyza ŞAHİN KILAVUZ

BAŞ EDİTÖR

Selim ÖZALP (Ankara – Türkiye)

EDİTÖRLER KURULU

Mustafa AKYILDIZ (Adana - Türkiye)
Gökhan ATICI (Ankara – Türkiye)
Adil BİNAL (Ankara – Türkiye)
Alper BOZKURT (Ankara – Türkiye)
Güldemin DARBAŞ (Kahramanmaraş – Türkiye)
Uğur DOĞAN (Ankara – Türkiye)
Ali ERGEN (Ankara – Türkiye)
Mustafa FENER (Ankara – Türkiye)
Nurullah HANİLÇİ (İstanbul – Türkiye)
Sair KAHRAMAN (Ankara – Türkiye)
Volkan KARABACAK (Eskişehir – Türkiye)
Nuray KARAPINAR (Ankara – Türkiye)
Bülent KAYPAK (Ankara – Türkiye)
Alaettin KILIÇ (İstanbul – Türkiye)
Özen KILIÇ (Adana – Türkiye)
Azad SAĞLAM SELÇUK (Van-Türkiye)
Yıldray PALABIYIK (İstanbul – Türkiye)
İbrahim TİRYAKİOĞLU (Afyonkarahisar – Türkiye)
Koray TÖRK (Ankara – Türkiye)

TEKNİK EDİTÖRLER

Tuğba ISIK (Ankara – Türkiye)
Samet SAKA (Ankara – Türkiye)

SORUMLU YAZI İŞLERİ MÜDÜRÜ

Banu Ebru BİNAL (Bilimsel Dokümantasyon ve Tanıtma Dairesi Başkanı)
e-posta: banu.binal@mta.gov.tr

YÖNETİM YERİ

Bilimsel Dokümantasyon ve Tanıtma Dairesi Başkanlığı Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
Çukurambar Mahallesi Dumlupınar Bulvarı No: 11 06530 Çankaya/ANKARA
e-mail: bilimsel_dairesi@mta.gov.tr

MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi yılda iki kez (Haziran ve Aralık) yayımlanacaktır.

Telif Hakkı: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nin yayıncısıdır. Yazarlar, MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nde yayımlandıktan sonra çalışmalarının telif haklarını devretmeleri gerekmekte ve "Telif Hakkı Devir Formu" doldurularak Kuruma göndermeleri zorunludur. İlgili yazar, gönderilen makalenin benzer bir biçimde başka bir yerde yayımlanmadığından, makalenin orijinal olduğundan ve yayımlanmak üzere başka bir yere göndermeyeceğinden emin olmalıdır. Kurumumuz ticari amaçlar hariç, patent hakları gibi telif hakkı dışındaki tüm hakları saklı tutar. Yayımlanan makaleler ile ilgili Kurumumuz, 5846 Sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'nun hükümlerine göre hareket etmektedir. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi, makalelerinin indirilmesi ve kullanılmasına izin verebilir. Ancak makaleleri indirenler, bunları hiçbir şekilde değiştiremez veya ticari olarak kullanamazlar.

MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi ücretsiz olarak Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Bilimsel Dokümantasyon ve Tanıtma Dairesi Başkanlığından doğrudan veya posta ücreti ödenerek yazışma ile de elde edilebilir. Dizi ve Baskı İşlemleri Bilimsel Dokümantasyon ve Tanıtma Dairesi Başkanlığı Neşriyat Servisi tarafından yürütülür ve takip edilir. e-posta: bilimsel_dairesi@mta.gov.tr

Basım Tarihi: 14.06.2024

Basım Yeri: Kuban Matbaacılık - İvedik Organize Sanayi Matbaacılar Sitesi 1514. Sokak No: 20
Tel: 0312 395 2070 • Fax: 0312 395 3723 • www.kubanmatbaa.com

Yayın Türü: Yerel Süreli Yayın

ISSN: 2822-471X



MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



Tuzla Gölü ve Pınarbaşı (Kayseri) bölgelerindeki Neojen yaşlı volkanik kayaçların jeolojik ve jeokimyasal özellikleri

Sait Kenan KAYALI^a, Ömer Faruk ÇELİK^{a*}, Rahmi Melih ÇÖRTÜK^b, Mutlu ÖZKAN^c ve Andrea MARZOLI^d

^aKocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 41001 İzmit, Kocaeli, Türkiye

^bBalıkesir Büyükşehir Belediyesi, Ne10 Şehir Araştırmaları ve Teknoloji Geliştirme Merkezi Balıkesir, Türkiye

^cKocaeli Üniversitesi, Çevre Koruma Teknolojileri Bölümü, 41285, Kocaeli, Türkiye

^dDipartimento di Scienze Terra, Università degli Studi di Milano, Via Luigi Mangiagalli, 34, 20133 Milano MI, Italy

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Orta Anadolu Volkanik Bölgesi, Kayseri, Bazalt, Jeokimya, Volkanizma.

ÖZ

Bu çalışmada, Orta Anadolu'da yer alan Pınarbaşı (Kayseri doğusu) ve Tuzla Gölü (Kayseri kuzeyi) çevresindeki Neojen volkanitlerinin jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri incelenmiştir. Tuzla Gölü Pliyosen volkanitleri kalk-alkalin nitelikli plato bazaltlardan oluşmaktadır. Pınarbaşı Pliyosen volkanitleri kalk-alkalin bazaltik andezit ve andezit bileşimine sahiptirler. Aynı bölgedeki, Miyosen volkanitleri alkali bazalt, traki-bazalt ve kalk-alkalin bazaltik andezitlerle temsil edilmektedirler. Her iki bölgedeki volkanitler, ağır nadir toprak elementlerine kıyasla hafif nadir toprak elementlerinde belirgin bir zenginleşme sunmakla birlikte zenginleşmiş bir manto kaynağından türediklerini gösterirler. Tuzla Gölü volkanitleri ilksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında pozitif Nb-Ta ve Pb anomalileri göstermektedir. Pınarbaşı bölgesindeki Pliyosen volkanitleri hafif nadir toprak elementlerinde ve büyük iyon çaplı litofil elementlerinde, kalıcılığı yüksek elementlere göre belirgin bir zenginleşme sunmakla birlikte yitimle ilişkili kökene işaret eden belirgin negatif Nb-Ta anomalisi sunmaktadır. Pınarbaşı Miyosen volkanitleri ise zayıf negatif Nb-Ta anomalileri göstermektedir. Sonuç olarak, Pınarbaşı bölgesindeki volkanitler yitim süreçleriyle modifiye edilmiş metasomatize manto kaynağını yansıtan jeokimyasal özellikler sunmakta iken, Tuzla Gölü volkanitlerinde akışkanlarla hareketlilik kazanabilen iz element içerikleri haricinde yitimle ilişkili jeokimyasal özellikler daha az belirgindir. Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki Pliyosen yaşlı volkanitlerin benzer oluşum yaşlarına sahip olmalarına karşın farklı jeokimyasal karakteristikler sunmaları, heterojen bir manto kaynağının varlığına işaret ettiği şeklinde değerlendirilmiştir.

Gönderim Tarihi: 26.10.2023

Kabul Tarihi: 09.01.2024

Keywords:

Central Anatolia Volcanic Province, Kayseri, Basalt, Geochemistry, Volcanism.

ABSTRACT

The study focused on the geological, petrographic, and geochemical characteristics of Neogene volcanic rocks from the Pınarbaşı (east of Kayseri) and the Tuzla Lake (north of Kayseri) in the Central Anatolia. Pliocene volcanic rocks from Tuzla Lake consist of calc-alkaline plateau basalts. On the other hand, Pınarbaşı Pliocene volcanic rocks have calc-alkaline basaltic andesite and andesite compositions. Miocene volcanic rocks in the same region are represented by alkali basalts, trachy-basalts, and calc-alkaline basaltic andesites. The volcanic rocks in both regions show significant enrichment in the light rare earth elements compared to the heavy rare earth elements, suggesting an enriched mantle source. In the primitive mantle normalized multi-element diagram, the volcanic rocks from Tuzla Lake exhibit positive Nb-Ta and Pb anomalies. Pliocene volcanic rocks from Pınarbaşı show significant enrichment in light rare earth elements and large

Received Date: 26.10.2023

Accepted Date: 09.01.2024

Atf Bilgisi: Kayalı, S. K., Çelik, Ö. F., Çörtük, R. M., Özkan, M., Marzolia, A. 2024. Tuzla Gölü ve Pınarbaşı (Kayseri) bölgelerindeki Neojen yaşlı volkanik kayaçların jeolojik ve jeokimyasal özellikleri. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 5, 1-24.

*Başvurulacak yazar: Ömer Faruk ÇELİK, celikfrk@gmail.com.tr

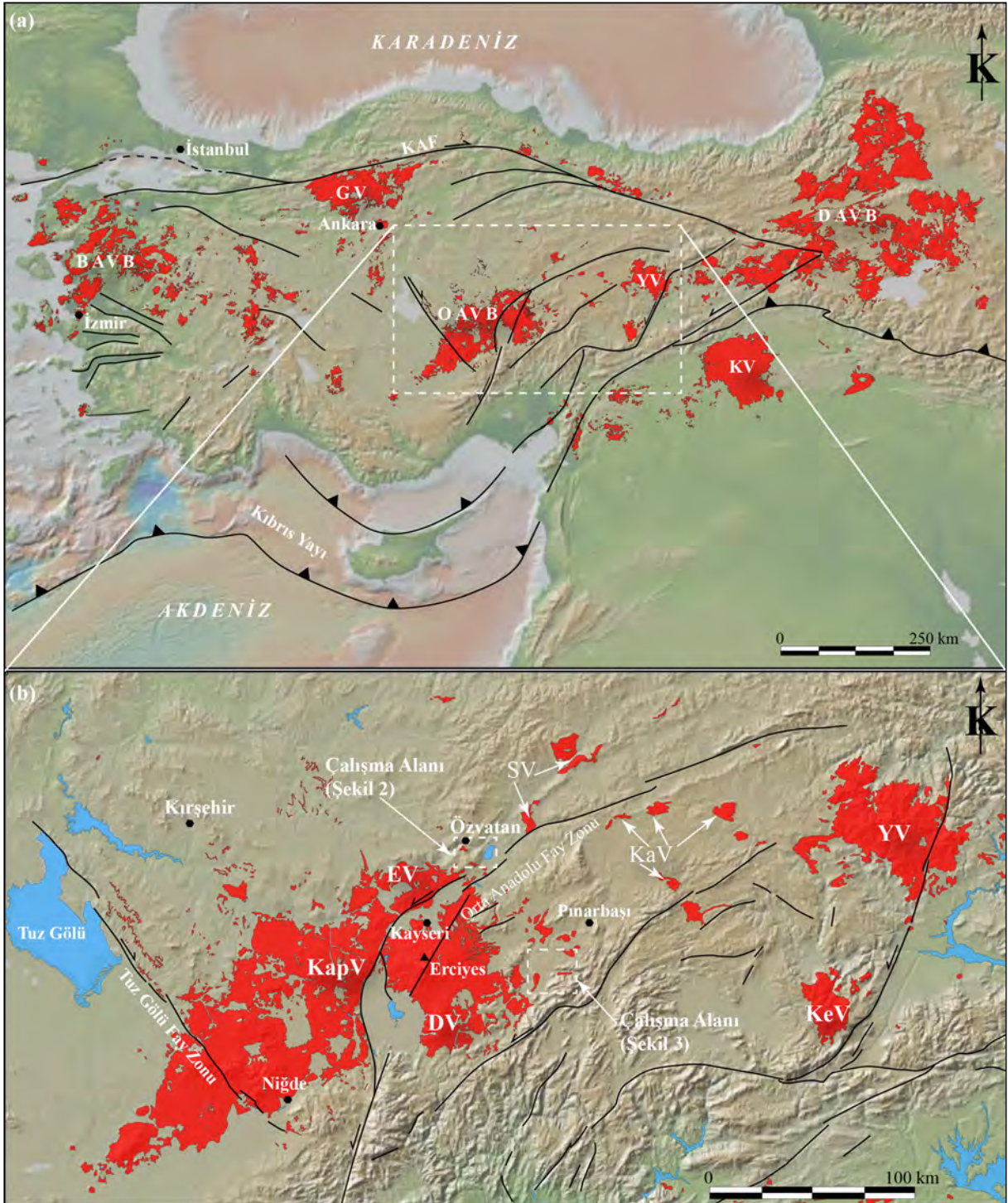
ion lithophile elements compared to high field strength elements, and exhibit negative Nb-Ta anomalies, suggesting a subduction-related origin. On the other hand, the Pınarbaşı Miocene volcanic rocks show weak negative Nb-Ta anomalies. As a result, the geochemical characteristics of the Miocene and Pliocene volcanic rocks from Pınarbaşı reflect a subduction-related metasomatized mantle source, whereas subduction-related geochemical features (except for fluid-mobile trace element contents) are less pronounced for the volcanic rocks from Tuzla Lake. The Pliocene volcanic rocks around the Tuzla Lake and Pınarbaşı regions have similar formation ages and distinct geochemical characteristics, suggesting the existence of a heterogeneous mantle source.

1. Giriş

Türkiye, Neojen'den günümüze kadar kendine özgü jeolojik ve jeokimyasal özellikleriyle öne çıkan, çarpışma ve çarpışma sonrası etkin olmuş volkanik oluşumlarla dikkat çekmiştir (Şekil 1a). Bu volkanik oluşumlar, başlıca Batı Anadolu volkanik bölgesi, Galatya volkanik bölgesi, Orta Anadolu volkanik bölgesi ve Doğu Anadolu volkanik bölgesi olarak adlandırılmakta olup oluşumları kökensele olarak farklı tektonik (dilim kopması, astenosferik yükselim, gerilmeli tektonizma, damlama benzeri mekanizma) unsurlar tarafından denetlenmektedir (Aldanmaz, 2002; Keskin, 2003; Ersoy vd., 2008; Kürkçüoğlu vd., 2015; Delph vd., 2017; Göğüş vd., 2017; Di Giuseppe vd., 2018; Rabayrol vd., 2019; Uslular ve Gençaliolu-Kuşçu, 2019; Göçmengil vd., 2022; Oyan vd., 2023). Orta Anadolu volkanik bölgesinde, Miyosen'den Holosen'e kadar olan süreçte çarpışma sonrası oluşan ve bazalt bileşiminden riyolit bileşimine kadar değişen çeşitli volkanik kayalar bulunmaktadır (Innocenti vd., 1975; Toprak ve Göncüoğlu, 1993; Deniel vd., 1998; Temel vd., 1998; Dönmez vd., 2003; Schmitt vd., 2011; Aydar vd., 2012; Doğan-Külahçı vd., 2018; Schleiffarth vd., 2018). Bu bölgedeki büyük ölçekli stratovulkan (ör. Hasan Dağı, Erciyes Dağı) oluşumlarının genel olarak Orta Anadolu bölgesini şekillendiren transtansiyonel fay sistemleri boyunca gözlemlendiği ve bu fay sistemlerinin volkanizmanın gelişiminde önemli bir role sahip olduğu vurgulanmaktadır (Toprak ve Göncüoğlu, 1993; Dhont vd., 1998; Kürkçüoğlu vd., 1998, 2004; Alıcı-Şen vd., 2004; Gençaliolu-Kuşçu ve Genel, 2010; Gençaliolu-Kuşçu, 2011; Uslular vd., 2021). Bölgedeki volkanik kayaların genel olarak metasomatik olarak zenginleştirilmiş manto karakteristiği ile uyumlu iz element yansımaları

sunduğu ve radyojenik izotop davranışları gösterdikleri rapor edilmiştir (Gençaliolu-Kuşçu, 2011; Aydın vd., 2014, 2022; Kocaarslan ve Ersoy 2018; Reid vd., 2017). Bununla birlikte, bölgedeki volkanik kayaların kökenleri, kaynak alanları, denetleyen mekanizmanın niteliği ve magmanın evrimi ile Orta Anadolu bölgesinin manto yapısı hakkında farklı fikirler ve görüşler önerilmiştir (Deniel vd., 1998; Schildgen vd., 2014; Göğüş vd., 2017; Reid vd., 2017; Koçarslan ve Ersoy, 2018; McNab vd., 2018; Gall vd., 2021). Örneğin, araştırmacıların bir bölümü tarafından, Orta Anadolu volkanizmasının gelişiminde güneydeki Kıbrıs yayının etkili olduğu ve volkanik kayaların jeokimyasal özelliklerine göre manto kaynağının önemli oranda Kıbrıs yayı boyunca yitime uğramış okyanusal levhadan türeyen akışkanlarla şekillendirilmiş olduğu ifade edilmektedir (Notsu vd., 1995; Temel vd., 1998; Aydar ve Gourgaud, 2002; Alıcı-Şen vd., 2004; Ekici vd., 2009; Reid vd., 2017; Rabayrol vd., 2019). Buna karşın, volkanik kayaların Kıbrıs yayının etkisinden ziyade daha eski yitim süreçleriyle modifiye edilmiş manto kaynağından veya yaygın olarak kabuksal kirlenme süreçlerinden etkilendikleri de ifade edilmektedir (Parlak vd., 2001; Kürkçüoğlu, 2010; Gençaliolu-Kuşçu ve Genel, 2010; Kürkçüoğlu vd., 2004, 2015; Kocaarslan ve Ersoy, 2018). Dolayısıyla, Orta Anadolu volkanik bölgesindeki volkanik kayalar için gerçekleştirilecek olan her bir petrolojik çalışma, tartışma konusu olan hususların aydınlatılmasına katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada, Orta Anadolu volkanik bölgesinin doğusunda Erciyes Dağı'nın (Kayseri) kuzeydoğusundaki Tuzla Gölü ve doğusundaki Pınarbaşı bölgelerinde (Şekil 1b) yer alan volkanik kayaların jeolojik, mineralojik-petrografik, tüm kaya ve mineral kimyası özellikleri incelenmiştir.



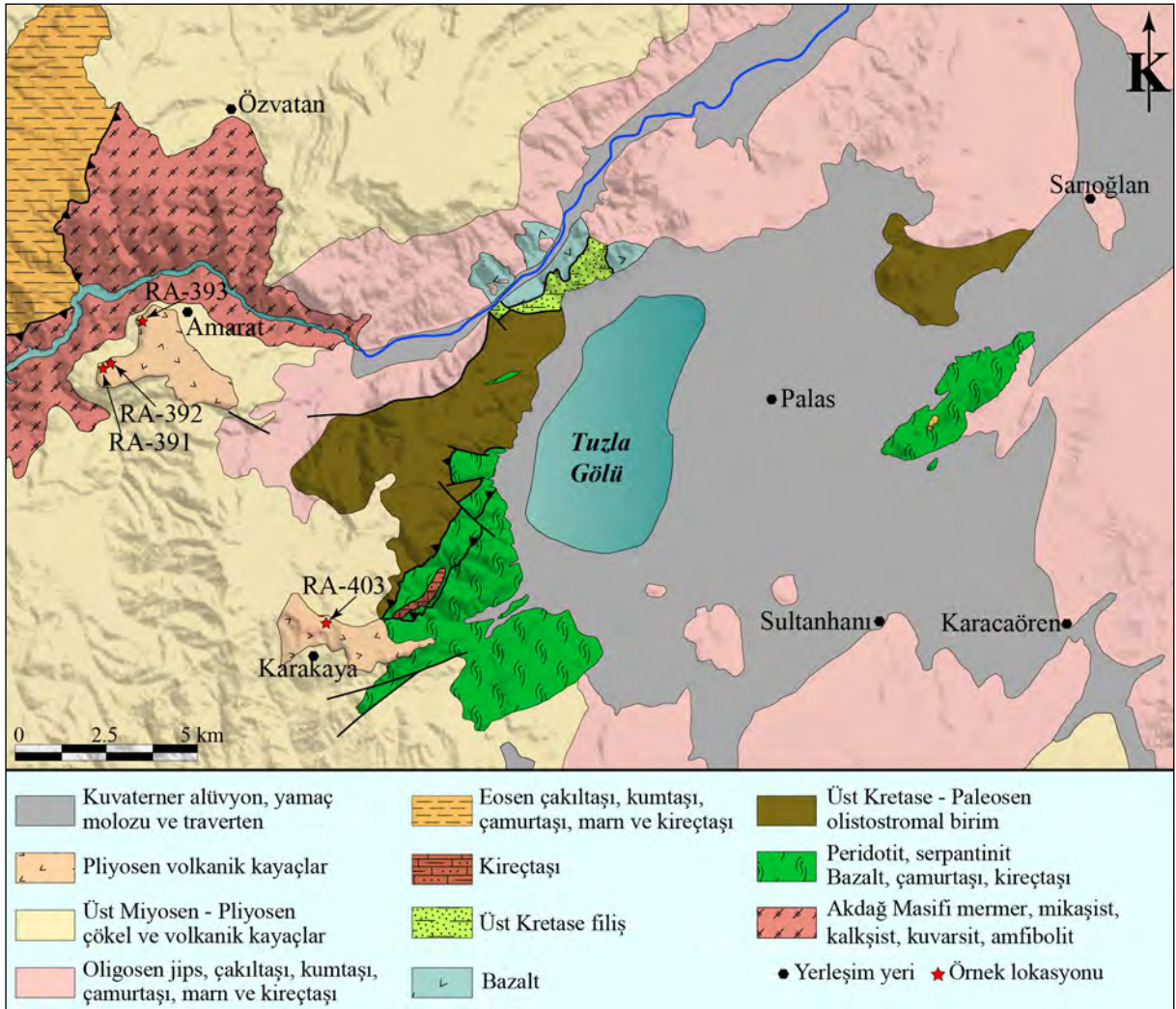
Şekil 1- a) Türkiye'deki Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların yayılımını ve b) İç ve Doğu Anadolu bölgelerinin başlıca fay zonlarını ve Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanik kayaların yayılımını ve çalışma alanını gösterir harita (Konak vd., (2015)'den değiştirilerek alınmıştır). Kısaltmalar: BAVB, Batı Anadolu Volkanik Bölgesi; DAVB, Doğu Anadolu Volkanik Bölgesi; DV, Develidağ Volkanikleri; EV, Erkilet Volkanikleri; GV, Galatya Volkanikleri; KAF, Kuzey Anadolu Fayı; KV, Karacadağ Volkanikleri; KaV, Kangal Volkanikleri; KapV, Kapadokya Volkanikleri; KeV, Kepez Volkanikleri; OAVB, Orta Anadolu Volkanik Bölgesi; SV, Sivas Havzası Volkanikleri; YV, Yamadağ Volkanikleri. Küresel yükseklik altlık haritası GeoMapApp uygulamasından (www.geomapapp.org) derlenmiştir.

Elde edilen veriler, yakın bölgedeki diğer Neojen volkanik kayalarla kıyaslanarak, çalışma alanındaki Neojen volkanik kayaların kökensel özellikleri değerlendirilmiştir.

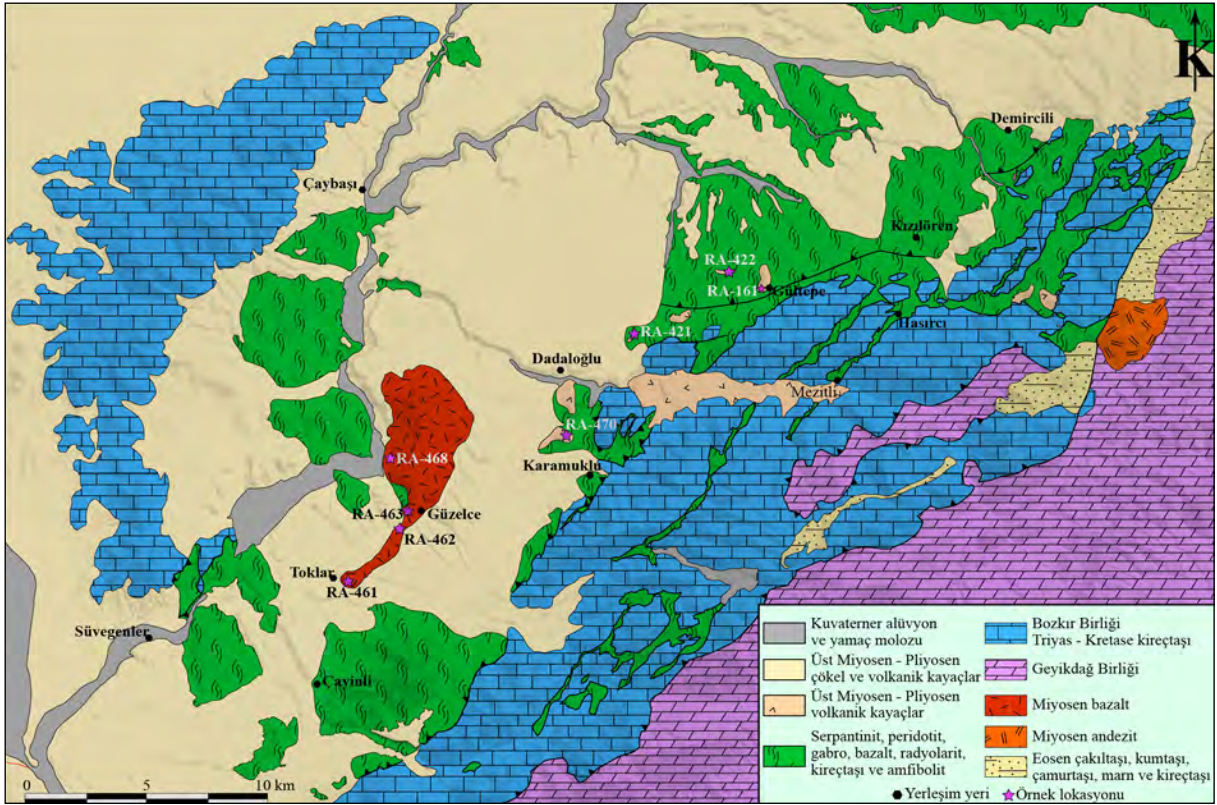
2. Jeolojik Konum

Türkiye, farklı jeolojik dönemlerde Avrasya ve Gondwana kıtaları arasındaki Tetis okyanusuna ait kolların kapanarak bir araya gelmesiyle günümüzdeki haline kavuşmuştur (Şengör ve Yılmaz, 1981; Göncüoğlu vd., 1997; Okay ve Tüysüz, 1999; Robertson vd., 2012; Çelik vd., 2011, 2019). Bu süreçte, yaklaşık doğu-batı doğrultulu uzanımlara sahip kenet kuşakları ile kıtasal bloklar bir araya gelmiş, yitim ve çarpışma süreçleriyle de ilişkili magmatizma evreleri gelişmiştir (Keskin, 2003; Çelik vd., 2011; Gülmez vd., 2016;

Göçmengil vd., 2019; Okay vd., 2022). Doğu Toroslar ile Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı arasındaki İç Toros okyanusunun Paleosen'de kapanmasıyla birlikte yüksek-basınç metamorfik sahalarını temsil eden Tavşanlı ve Afyon zonları oluşmuş (Görür vd., 1984; Pourteau vd., 2010; Çelik vd., 2023) ve takip eden süreçte ise Paleosen – Eosen yaşlı çarpışma sonrası volkanizma meydana gelmiştir (Clark ve Robertson, 2002; Darin ve Umhoefer 2021). Oligosen sonrasında ise Orta Anadolu bölgesini karakterize eden hem volkanik aktivite hem de transtansiyonel fay sistemleri gelişmiştir (Şekil 1a, b) (Deniel vd., 1998; Temel vd., 1998; Dirik vd., 1999; Alıcı-Şen vd., 2004; Kürüm vd., 2008; Kürkçüoğlu, 2010; Uslular vd., 2021). Çalışma alanlarındaki (Pınarbaşı ve Tuzla bölgeleri; (Şekil 2 ve 3) volkanik kayalar batıda Orta



Şekil 2- Tuzla Gölü bölgesindeki çalışma alanının jeoloji haritası (Çörtük, 2021'den alınmıştır).



Şekil 3- Pınarbaşı bölgesindeki çalışma alanının jeoloji haritası (Çörtük, 2021'den alınmıştır).

Anadolu volkanik bölgesinin doğu bölümü ile Kangal volkanik alanı ve Yamadağ volkanik alanları arasında yer almaktadır (Şekil 1b). İnceleme alanındaki Neojen yaşlı volkanik kayaların temeli, Kayseri kuzeyinde Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'na ait metamorfik ve magmatik sokulum kayaları ile Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalardan meydana gelmekte iken, Kayseri doğu ve güneydoğusundaki volkanik kayalar ise Toros Kuşağına ait karbonatlar ve ofiyolitik kayalardan oluşmaktadır. (Erkan vd., 1978; Çörtük vd., 2023a, b) (Şekil 2 ve 3). Aşağıda, Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerinin genel jeolojik özellikleri ve volkanik kayaların jeolojik özellikleri sunulmuştur.

2.1. Tuzla Gölü Bölgesi

Tuzla Gölü bölgesindeki volkanik kayalar Erciyes stratovolkanının ~ 60 km kuzeydoğusunda yüzeylemekte olup Erciyes volkanizması ile ilişkilendirilen Pliyosen yaşlı Erkilet volkanitlerinin ~ 25 kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1b). Sivas havzasının güneybatısındaki Orta Miyosen yaşlı (~17 – 13 My) Şarkışla bazaltik kayaları (Parlak vd., 2001;

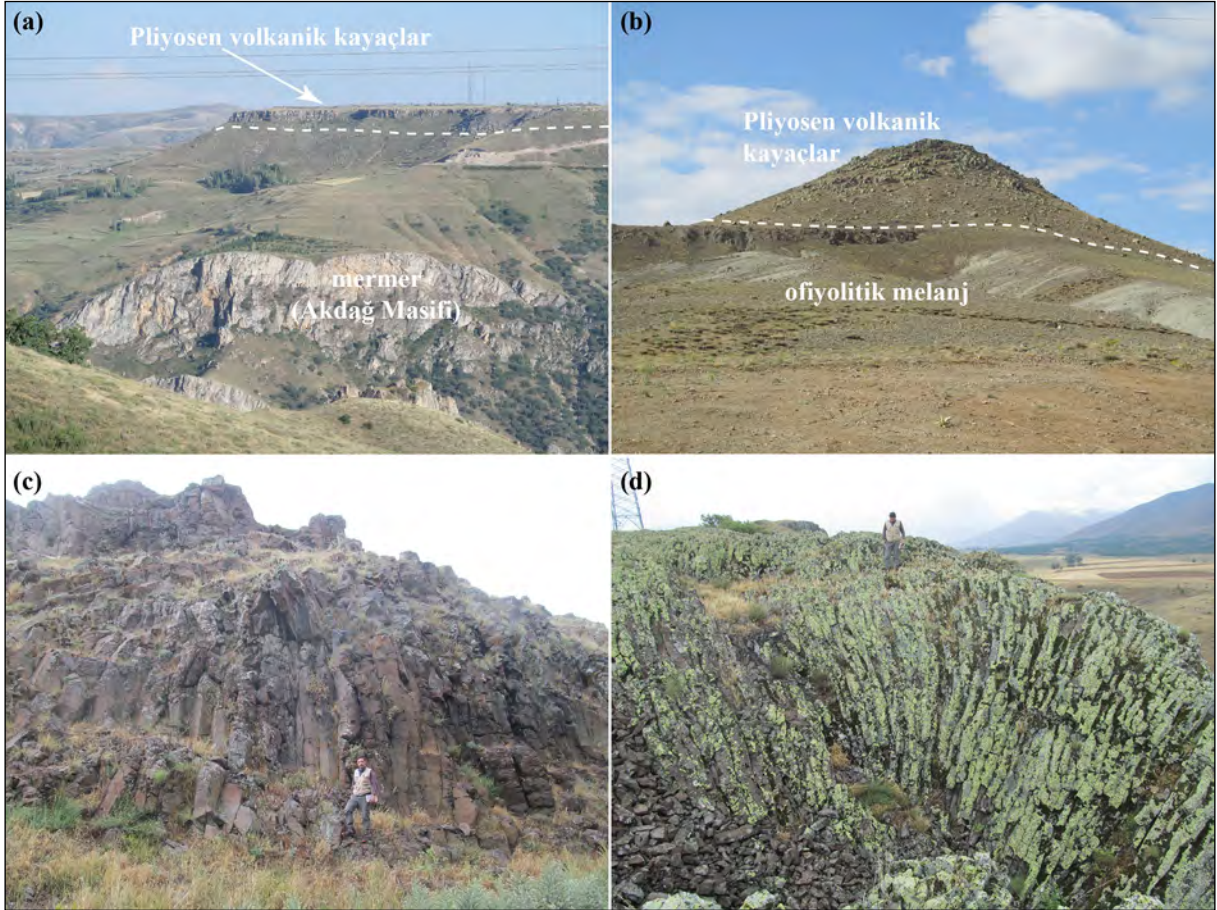
Kürkçüoğlu vd., 2015; Reid vd., 2019), Tuzla Gölü volkanik kayalarının ~30 km kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1b). Tuzla Gölü volkanitleri doğuda sol yönlü Orta Anadolu fay zone ile sınırlanmaktadır (Şekil 1b) (Dirik vd., 1999). Tuzla Gölü bölgesindeki temel kayalar, Orta Anadolu Kristalen Karmaşığı'nın Akdağ masifi ile Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalar ile temsil edilmektedir (Çörtük vd., 2023b); (Şekil 2). Bu alandaki Akdağ Masifi, Üst Kretase döneminde bölgesel başkalaşıma maruz kalmış olan başlıca mikaşist, kalkışist, mermer ve amfibolit türü kayalardan meydana gelmektedir (Çörtük vd., 2023b). Ofiyolitik kayalar ise farklı oranlarda serpantinitleşmiş ultramafik kayalar, bazaltlar, pelajik çökeller ve bu kayaları kesen dolerit ve plajiyogranit dayklarından oluşmaktadır (Çörtük, 2021). Ofiyolitik kayaların üzerine ise Üst Kretase – Paleosen yaşlı (Dirik vd., 1999) olistostromal nitelikteki birim tektonik olarak gelmiştir. Tuzla Gölü bölgesindeki haritalanabilir boyutlardaki volkanik kayalar esasen iki bölgede yüzlek verirler (Şekil 2). Bunlardan ilki, Tuzla Gölü batısındaki Amarat köyü civarında, ikincisi ise Tuzla Gölü güneybatısındaki Karakaya

köyü civarındadır (Şekil 2). Her iki alandaki volkanik kayalar saha görünüşleri açısından birbirlerine benzer olup plato-tipi küçük ölçekli (~4-5 km²) masif lav akıntıları şeklinde gözlenmektedir (Şekil 4a). Amarat köyü civarında yüzlek veren volkanik kayalar Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı karasal çökellerini yatay ve yataya yakın konumda örtmektedir. Brocard vd. (2021) tarafından Amarat ve Karakaya köyleri civarındaki volkanik kayalardan tüm kayaç ⁴⁰Ar/³⁹Ar yöntemiyle sırasıyla 4,22 ± 0,02 My ve 4,23 ± 0,02 My oluşum yaşları elde edilmiş olup bu yaş verisi bölgedeki volkanik kayaların Erken Pliyosen (Cohen vd., 2013) döneminde oluştuklarını göstermektedir.

2.2. Pınarbaşı Bölgesi

Pınarbaşı bölgesi Üst Kretase yaşlı ofiyolit ve yığılma karmaşıkları ile Toros kuşağının farklı

istiflerinin (ör. Geyik Dağ ve Bozkır birlikleri) gözlemlenebildiği bir bölgedir (Şekil 3) (Erkan vd., 1978; Çörtük vd., 2023a). Bu temel niteliğindeki kayaç birimlerini ise Neojen yaşlı karasal örtü çökelleri ve volkanik kayalar örtmektedir. Bölgedeki volkanik kayalar oluşum yaşlarına göre iki başlık altında incelenmiştir. Brocard vd. (2021) tarafından Güzelce köyü civarındaki volkanik kayaç istifinin yaklaşık orta ve üst bölümünden tüm kayaç ⁴⁰Ar/³⁹Ar yöntemiyle sırasıyla, 12,23 ± 0,11 My ve 11,92 ± 0,05 My oluşum yaşları elde edilmiş olup bu yaş verisi volkanik kayaların Orta Miyosen (Cohen vd., 2013) döneminde oluştuklarını göstermektedir. Diğer volkanik kayalar ise Pliyosen yaşlı volkanitler olup bu kayaların oluşum yaşları stratigrafik olarak tanımlanmıştır (Erkan vd., 1978; Metin vd., 1990; Dalkılıç vd., 2009).



Şekil 4- a) Tuzla Gölü bölgesinde, Akdağ Masifi'ne ait metamorfik kayalar üzerindeki yatay konumlu plato tipi Pliyosen yaşlı volkanik kayaların genel görünümü. b) Pınarbaşı bölgesinde, ofiyolitik melanj üzerindeki konik biçimli görünüme sahip Pliyosen yaşlı volkanik kayaların genel görüntüsü. c, d) Pınarbaşı bölgesinde, Miyosen yaşlı volkanik kayalarda gözlenen soğuma çatlak yapılarının görünüşleri.

Çalışma alanındaki haritalanabilir ölçekteki Pliyosen volkanitler Gültepe ve Dadaloğlu köyleri civarında yüzlek vermektedir (Şekil 3). Bölgede gözlenen volkanik kayaçların morfolojik görüntüleri konik şekillidir (Şekil 4b). Ayrıca, Mesozoyik platform karbonatlarından oluşan vadi tabanındaki volkanik kayaçlar ise genellikle yatay konumlu masif lav akıntıları şeklindeki istiflerden oluşmaktadır. Yakın bölgedeki benzer özelliklere sahip Pliyosen yaşlı (~6–4 My) volkanik kayaçlar Kangal Havzası'nda (Kürkçüoğlu vd., 2015; Kocaarslan ve Ersoy, 2018; Reid vd., 2019) ve Develidağ (Erciyes Dağı güneyi) bölgesinde (Kürkçüoğlu, 2010; Akkaş ve Çubukçu, 2023) gözlenmektedir.

Çalışma alanındaki Miyosen yaşlı volkanik kayaçların tabanında Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayaçlar yer almakta ve bu kayaçlar daha genç (Üst Miyosen – Pliyosen) çökel ve volkanik kayaç oluşumları tarafından uyumsuzlukla örtülmektedir. Miyosen yaşlı volkanik kayaçlar Güzelce köyü civarında yaklaşık 18 km²'lik bir alanda gözlenmekte olup masif lav akıntıları ve sütun yapıları bazaltik kayaçlardan meydana gelmektedir (Şekil 4c, d). Bu alandaki, bazaltik kayaçlarda iyi gelişmiş soğuma çatlağı yapıları gözlenebilmektedir (Şekil 4c, d). Bölgedeki benzer Miyosen yaşlı volkanik kayaçlar çalışma alanının doğu kesimindeki Yamadağ ve Kepez volkanik (~19–10 My; Ekici, 2016; Kürüm vd., 2008; Kocaarslan ve Ersoy, 2018) alanlarında bulunmaktadır (Şekil 1b).

3. Analitik Yöntemler

Bu çalışmada toplam on üç kayaç örneği derlenmiş ve bu kayaçlardan on ikisi petrografik analizler için ince kesit yapımında kullanılmıştır. Petrografik analizler sonrasında on üç örnekten tüm kayaç Ana, İz ve NTE analizleri ve seçilen iki adet örnek üzerinden mineral kimyası analizleri yapılmıştır.

Mineral kimyasal analizleri Milan Üniversitesi'nde (İtalya) JEOL JXA 8200 Superprobe ile gerçekleştirilmiştir. Analizlerde, ışın akımı 5 nA, hızlandırma voltajı 15 kV ve sayım süreleri pikte 10 sn ve arka planda 5 sn olarak ayarlanmıştır. Enstrümantal kalibrasyon için doğal ve sentetik standartlar kullanılmıştır. Analitik belirsizlikler, ana

ve iz elementler için sırasıyla %1 ve %5 olarak tahmin edilmektedir. Analiz edilen minerallere ait sonuçlar Çizelge 1, 2 ve 3'te sunulmuştur.

Volkanik kayaç örneklerinin ana ve iz element içerikleri Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Analitik Jeokimya Laboratuvarı'nda X-ışını floresansı (XRF) ve indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometresi (ICP-MS) ile analiz edilmiştir. Ana elementler SKAYRAY EDX3600B model XRF spektrometresi kullanılarak, 0,6 g kaya tozu 3 g LiBO₂ ile karıştırılmış ve yaklaşık 15 dakika boyunca 1100 °C'de ergitilmiş diskler üzerinde ölçülmüştür. Ateşte kayıp değerleri ise kayaç tozlarının 900 °C'de yaklaşık 2 saat ısıtılmasıyla belirlenmiştir. İz ve nadir toprak elementleri Perkin Elmer Elan DRC-e model ICP-MS kullanılarak, 0,2 g kaya tozunun 1,4 g LiBO₂ ile ergitilmesi ve sonrasında 50 ml %5 HNO₃ içinde çözülmesiyle oluşturulan çözeltilerden analiz edilmiştir. Analitik belirsizlik %2'den küçüktür. Tüm kaya ana, iz ve nadir toprak elementleri analiz sonuçları Çizelge 4'te sunulmuştur.

4. Mineraloji ve Petrografi

Tuzla Gölü bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayaçlar olivin, klinopiroksen, plajiyoklaz ve opak minerallerden oluşmakta olup mineralojik olarak bazaltik bileşime sahiptirler. Bu kayaçlar genel olarak trakitik akma dokusuna sahip olup, intersertal/intergranüler ve glomeroporfitik dokular da tipiktir (Şekil 5a, b). İncelenen örneklerde, olivin fenokristalleri modal bileşim açısından piroksenlere kıyasla daha baskındır. Olivinler genellikle yarı özşekilli ve özşekilli fenokristaller şeklinde gözlenmekte ve bazı olivin fenokristallerinin kenar kısımlarından itibaren iddingsitleşme gelişimleri mevcuttur (Şekil 5a). Klinopiroksen mineralleri hem özşekilli, yarı özşekilli fenokristaller hem de hamur içerisinde mikrolitler şeklindedir (Şekil 5b). Bazı örneklerde (ör. RA-393), klinopiroksen ve olivin mineralleri yığınlar halinde gözlenmekte ve glomeroporifitik dokuyu oluşturmaktadır (Şekil 5b). Plajiyoklaz mineralleri çoğunlukla ince uzun mikrolitik kristaller halinde gözlenmekte olup polisentetik ikizlenme olağandır (Şekil 5a, b).

Çizelge 1- Pınarbaşı bölgesindeki bazaltik andezit örneklerine ait (RA-463 ve RA-470) olivin analizleri.

Örnek	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-470	RA-470	RA-470
SiO ₂	39,32	38,55	39,53	39,00	39,92	40,01	39,79	38,42	39,97	39,85	39,94	
TiO ₂	0,02	0,03	0,04	0,04	0,00	0,02	0,05	0,00	0,06	0,06	0,02	
Al ₂ O ₃	0,03	0,04	0,06	0,05	0,09	0,01	0,02	0,00	0,02	0,05	0,03	
FeO	17,63	24,79	19,97	21,02	16,07	16,11	16,78	23,67	18,02	18,08	18,82	
MnO	0,21	0,31	0,25	0,24	0,20	0,16	0,16	0,30	0,24	0,22	0,25	
MgO	44,19	38,39	42,17	40,94	44,87	44,32	43,98	38,62	43,22	42,76	42,38	
CaO	0,19	0,27	0,20	0,24	0,20	0,20	0,21	0,28	0,21	0,20	0,21	
Na ₂ O	0,02	0,02	0,01	0,02	0,00	0,04	0,03	0,02	0,02	0,07	0,00	
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	
Cr ₂ O ₃	0,07	0,07	0,03	0,06	0,01	0,07	0,00	0,05	0,06	0,04	0,08	
Toplam	101,67	102,46	102,26	101,61	101,36	100,95	101,05	101,37	101,83	101,34	101,73	
Si	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,00	
Ti	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Al	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Fe ₂₊	0,37	0,53	0,42	0,45	0,33	0,34	0,35	0,51	0,38	0,38	0,39	
Mn	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	
Mg	1,65	1,47	1,58	1,55	1,66	1,65	1,64	1,49	1,61	1,60	1,59	
Ca	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Na	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Toplam	3,01	3,01	3,01	3,01	3,01	3,00	3,00	3,01	3,00	3,00	3,00	
Fo	81,53	73,16	78,80	77,44	83,10	82,92	82,23	74,17	80,84	80,64	79,84	
Fa	18,25	26,50	20,93	22,30	16,70	16,91	17,60	25,50	18,91	19,13	19,89	
Teph	0,22	0,33	0,26	0,26	0,21	0,17	0,17	0,32	0,25	0,23	0,27	
Mg#	82	73	79	78	83	83	82	74	81	81	80	

Pınarbaşı bölgesindeki, Pliyosen yaşlı volkanik kayalar başlıca olivin, klinopiroksen, plajiyoklaz ve opak minerallerden meydana gelmekte ve mikrolitik porfiritik doku hâkim olmakla birlikte trakitik, kümülat ve glameroporfirik dokular da gözlenmektedir (Şekil 5c, d). Kayalardaki, plajiyoklazlar büyük oranda mikrolitler halinde olup, yer yer zonlu ve elek dokular sunan fenokristaller halinde de görülmektedir (Şekil 5c). Olivin fenokristallerinin boyları 2 mm'ye kadar ulaşabilmekte ve iddingsitleşme gelişimleri yaygınca görülmektedir. Klinopiroksen fenokristallerinde olasılıkla magma mineral etkileşimi neticesinde kemirilmiş oldukları ve bazı piroksen minerallerinin yuvarlaklaşmış kristal yapılarına sahip oldukları belirlenmiştir (Şekil 5c). Ana fenokristal fazlar

genellikle özşekilli ila yarı özşekilli klinopiroksen ve plajiyoklaz mineralleriyle temsil edilmekte olup genellikle plajiyoklaz, klinopiroksen ve opak minerallerden oluşan mikrokristalin bir hamur içinde yer alırlar (Şekil 5c). Bazı örneklerde, volkanik kayaların kristallenme sürecinde farklı evrelerde kristalleştğini işaret eden plajiyoklaz, piroksen ve olivin minerallerinde kümelenmeler gözlenmektedir. Bununla birlikte, RA-161 numaralı örnekte plajiyoklaz fenokristalleri klinopiroksen mineral kapanımları içermekte ve kümülat dokusu sergilemektedirler (Şekil 5d).

Miyosen yaşlı volkanik kayalarda mikrolitik porfirik ve trakitik akma dokuları hâkim olup kayalar başlıca olivin, klinopiroksen, plajiyoklaz

Çizelge 2- Pınarbaşı bölgesindeki bazaltik andezit örneklerine ait (RA-463 ve RA-470) piroksen analizleri.

Örnek	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-463	RA-470	RA-470
SiO ₂	50,21	50,60	50,81	50,22	50,38	49,95	49,87	50,53	52,87
TiO ₂	1,72	1,42	1,62	1,75	1,85	1,64	1,77	1,05	0,66
Al ₂ O ₃	3,01	3,34	2,79	3,49	3,47	2,78	2,98	4,93	3,29
FeO	9,99	8,80	9,75	9,24	9,19	9,16	9,58	7,27	7,89
MnO	0,18	0,18	0,23	0,20	0,08	0,20	0,19	0,18	0,21
MgO	13,87	14,51	14,01	14,12	14,06	13,83	14,15	15,61	17,54
CaO	20,40	20,07	20,26	20,21	20,51	20,54	20,40	19,38	17,83
Na ₂ O	0,49	0,37	0,41	0,44	0,40	0,35	0,46	0,50	0,40
K ₂ O	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cr ₂ O ₃	0,14	0,43	0,17	0,12	0,18	0,14	0,18	0,54	0,46
Toplam	100,01	99,72	100,05	99,78	100,12	98,59	99,58	100,00	101,14
Si	1,88	1,89	1,90	1,88	1,88	1,89	1,88	1,86	1,92
Ti	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02
Al	0,13	0,15	0,12	0,15	0,15	0,12	0,13	0,21	0,14
Cr	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01
Fe ²⁺	0,31	0,27	0,30	0,29	0,29	0,29	0,30	0,22	0,24
Mn	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
Mg	0,78	0,81	0,78	0,79	0,78	0,78	0,79	0,86	0,95
Ca	0,82	0,80	0,81	0,81	0,82	0,83	0,82	0,77	0,69
Na	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
K	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Toplam	4,02	4,00	4,01	4,01	4,01	4,01	4,02	4,01	4,00
Wo	42,16	42,00	42,12	42,23	42,75	43,18	42,15	40,64	36,31
En	39,89	42,25	40,53	41,05	40,78	40,45	40,68	45,55	49,70
Fs	16,12	14,37	15,82	15,07	14,95	15,03	15,45	11,90	12,54
Mg#	71,22	74,61	71,92	73,15	73,17	72,91	72,47	79,29	79,85

ve opak minerallerden meydana gelmektedir (Şekil 5e, f). Kayaçlardaki fenokristaller olivin ve klinopiroksen minerallerinden oluşmaktadır (Şekil 5e, f). Fenokristaller halindeki olivinlerin bir bölümü özşekilli olarak gözlenebilmektedir (Şekil 5e). Olivin fenokristallerinin bazılarında ergiyik tarafından ornatılmış olup iskeletsel körfez yapısı gelişimleri mevcuttur (Şekil 5e, f). Plajiyoklaz mineralleri ağırlıklı olarak mikrolitler halinde görülmektedir (Şekil 5e, f). Bununla birlikte bazı örneklerde (RA-463) intergranüler doku gelişimleri mevcuttur ve hamuru oluşturan plajiyoklaz mikrolitleri arasında klinopiroksen mikrokristalleri bulunmaktadır (Şekil 5f).

5. Mineral Kimyası

Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen (RA-463) ve Pliyosen (RA-470) yaşlı kayaçlardan seçilen örneklerin mineral kimyası analizlerinde olivin, klinopiroksen ve feldspat minerallerinin bileşimsel özellikleri araştırılmıştır.

5.1. Olivin

RA-463 numaralı bazaltik andezit örneğindeki olivin minerallerinin forsterit içerikleri 73 ile 83 arasında değişen değerlere sahiptir (Çizelge 1). Bu minerallerin CaO ve MnO içerikleri ise sırasıyla

Çizelge 3- Pınarbaşı bölgesindeki bazaltik andezit örneklerine ait (RA-463 ve RA-470) feldspat analizleri.

Örnek	RA-463	RA-470	RA-470	RA-470	RA-470	RA-470	RA-470	RA-470
SiO ₂	53,46	53,63	52,35	52,72	51,87	53,15	52,54	52,89
TiO ₂	0,10	0,15	0,07	0,02	0,07	0,10	0,14	0,05
Al ₂ O ₃	28,06	27,57	29,02	28,67	29,43	28,69	28,58	29,01
FeO	0,79	0,94	0,45	0,56	0,67	0,62	0,63	0,45
MnO	0,01	0,04	0,01	0,00	0,02	0,03	0,00	0,03
MgO	0,48	0,07	0,12	0,11	0,07	0,07	0,10	0,10
CaO	12,06	11,45	13,18	13,16	13,34	12,44	12,76	12,93
Na ₂ O	4,18	4,69	3,86	4,07	3,80	4,24	4,23	4,07
K ₂ O	0,26	0,33	0,22	0,22	0,21	0,29	0,24	0,25
Cr ₂ O ₃	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,07	0,03	0,00
Toplam	99,40	98,90	99,28	99,53	99,47	99,71	99,25	99,78
Si	2,44	2,46	2,40	2,41	2,37	2,42	2,41	2,41
Ti	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	1,51	1,49	1,57	1,54	1,59	1,54	1,54	1,56
Cr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ²⁺	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fe ³⁺	0,00	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Mn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mg	0,03	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
Ca	0,59	0,56	0,65	0,64	0,65	0,61	0,63	0,63
Na	0,37	0,42	0,34	0,36	0,34	0,37	0,38	0,36
K	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
Toplam	4,99	4,99	4,99	5,00	4,99	4,99	5,00	4,99
Ab	37,95	41,75	34,20	35,42	33,59	37,51	36,97	35,76
An	60,51	56,32	64,54	63,29	65,16	60,81	61,63	62,77
Or	1,54	1,93	1,26	1,29	1,25	1,68	1,40	1,47

% ağı. 0,19-0,28 ve % ağı. 0,16-0,31 arasında değişim sunmaktadır (Çizelge 1).

RA-470 numaralı bazaltik andezit örneğindeki olivin mineralleri forsterit içeriği açısından zengin olup dar bir aralıkta değişim (Fo₈₀₋₈₁) sunar (Çizelge 1). CaO içerikleri % ağı. 0,20-0,21 arasında değişim gösterirken, MnO içerikleri ise % ağı. 0,22-0,25 arasında değişmektedir (Çizelge 1).

5.2. Klinopiroksen

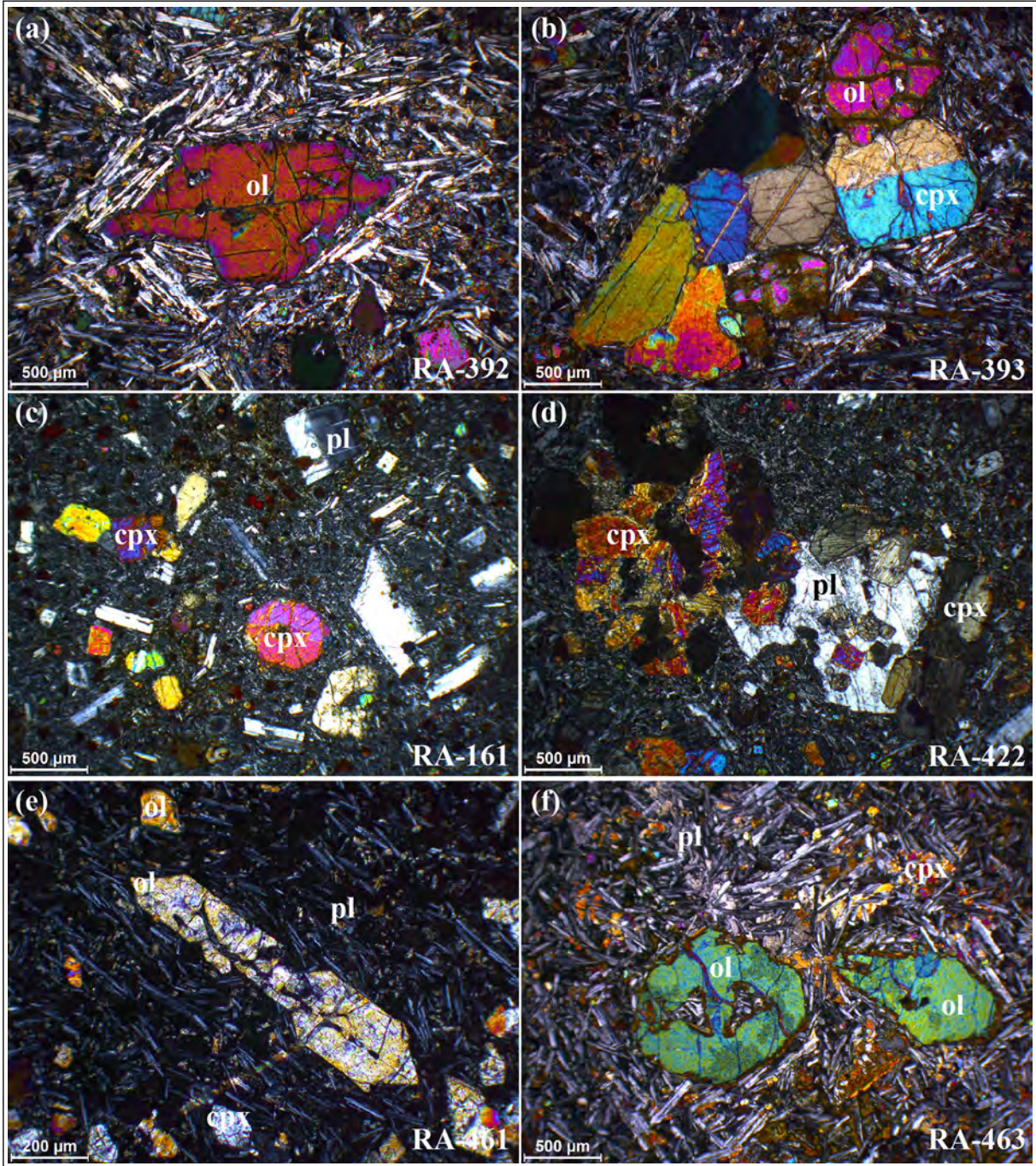
RA-463 numaralı bazaltik andezit örneğindeki klinopiroksen mineralleri plajiyoklaz mineralleriyle birlikte mikrolitler halinde gözlenmektedir ve

kayaçtaki intergranüler dokuyu oluşturmaktadır (Şekil 5f). Kayaçtaki klinopiroksen mineralleri ojit bileşiminde (Şekil 6a; Wo₄₂₋₄₃En₄₀₋₄₂Fs₁₄₋₁₆) olup Mg# değerleri 71-75 arasındadır (Çizelge 2). Klinopiroksen mineralleri göreceli yüksek Al₂O₃ ve TiO₂ içerikleriyle sırasıyla % ağı. 2,8-3,5 ve % ağı.1,6-1,8 arasında değişim sunmaktadır (Çizelge 2).

RA-470 numaralı bazaltik andezit örneğindeki klinopiroksen mineralleri çoğunlukla mikrolitler halinde gözlenmekte olup Wo₃₆₋₄₁En₄₆₋₅₀Fs₁₂₋₁₃ bileşimlerine sahiptirler. Ojit olarak sınıflandırılmış (Şekil 6a) olan klinopiroksen minerallerinin Mg# değerleri 79-80 olup TiO₂ ve Al₂O₃ içerikleri

Çizelge 4- Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaların ana, iz ve nadir toprak element analiz sonuçları.

Örnek	Tuzla Gölü (Pliyosen)				Pınarbaşı (Miyosen)					Pınarbaşı (Pliyosen)			
	RA-391	RA-392	RA-393	RA-403	RA-461	RA-462	RA-463	RA-468	RA-469	RA-161	RA-421	RA-422	RA-470
Koordinat	36S 729172 D 4324633 K	36S 729566 D 4324795 K	36S 730547 D 4326064 K	36S 735824 D 4317744 K	37S 239918 D 4256107 K	37S 242189 D 4258544 K	37S 242503 D 4258822 K	37S 241715 D 4261448 K	37S 241524 D 4363932 K	37S 257123 D 4268269 K	37S 251917 D 4266260 K	37S 255972 D 4269040 K	37S 248971 D 4262832 K
Kayaç	bazalt	bazalt	bazalt	bazalt	bazalt	bazaltik andezit	bazaltik andezit	traki- bazalt	bazaltik andezit	bazaltik andezit	bazaltik andezit	andezit	bazaltik andezit
SiO ₂	50,58	50,85	50,60	49,69	47,83	54,38	52,94	50,17	54,69	52,61	52,60	57,51	55,73
TiO ₂	1,74	1,80	1,73	1,77	2,05	1,58	1,49	1,97	1,54	1,75	1,60	1,36	1,58
Al ₂ O ₃	15,92	15,88	15,28	15,43	14,91	15,97	15,05	15,85	15,61	16,48	15,14	15,92	15,78
Fe ₂ O ₃ (t)	10,49	10,87	10,37	11,64	10,82	9,95	10,40	9,86	9,58	10,13	9,67	8,14	9,47
MnO	0,12	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,05	0,10	0,08	0,12	0,07	0,07	0,08
MgO	7,57	7,65	7,34	6,79	8,92	7,09	8,21	7,33	6,68	4,43	7,21	4,85	5,64
CaO	8,59	8,78	7,96	9,58	7,93	6,32	6,49	7,57	7,06	7,57	7,86	6,26	7,24
Na ₂ O	3,21	3,11	2,61	3,21	2,62	2,49	2,60	3,48	2,73	3,55	3,36	2,74	2,85
K ₂ O	0,93	0,89	0,80	0,80	1,54	0,91	0,51	1,86	0,92	1,64	1,76	1,32	0,96
P ₂ O ₅	0,34	0,13	0,11	0,25	0,10	0,41	0,19	0,44	0,23	0,27	0,52	0,22	0,25
Cr ₂ O ₃	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04
AKD	0,10	0,10	2,46	1,02	2,69	1,59	2,88	1,18	0,88	2,05	0,20	1,19	0,44
Toplam	99,64	100,22	99,39	100,33	99,54	100,81	100,85	99,84	100,05	100,65	100,03	99,62	100,07
İz Elementler (ppm)													
V	250,63	284,25	245,34	243,64	181,56	179,43	170,36	208,06	170,07	224,26	197,01	196,79	196,54
Co	52,45	59,28	48,69	50,02	47,12	45,00	48,40	47,93	40,41	29,07	40,26	34,57	41,38
Ni	129,90	150,73	121,02	129,71	169,51	182,44	169,13	171,82	101,16	73,51	114,28	74,69	69,35
Cu	51,02	50,84	54,80	50,40	37,74	40,30	40,54	45,05	30,67	31,01	48,26	38,71	34,29
Zn	108,35	123,29	107,09	108,41	98,41	89,44	90,24	100,72	78,14	82,60	85,23	93,18	89,26
Rb	10,92	13,20	12,25	10,36	23,00	18,22	11,20	21,06	-	38,25	40,80	42,88	23,91
Sr	434,20	506,61	490,22	401,27	991,57	500,45	350,22	814,62	19,90	478,36	558,99	443,86	414,33
Y	19,96	22,87	19,66	20,39	19,08	20,58	18,39	19,16	379,57	22,45	20,64	23,81	22,11
Zr	132,36	159,08	136,22	121,86	88,24	60,11	119,13	78,07	19,52	180,05	59,27	175,14	148,11
Nb	20,62	23,69	19,89	17,91	44,63	26,94	15,03	44,20	130,16	18,47	22,58	17,84	18,17
Mo	1,72	2,47	1,57	1,19	5,69	1,52	1,06	3,60	18,05	3,31	2,17	1,86	3,12
Cs	0,14	0,18	0,12	0,06	0,34	0,09	0,10	0,39	225,03	0,58	0,52	0,75	0,24
Ba	164,21	250,37	161,52	191,04	297,90	287,93	158,18	424,62	1,53	380,37	390,26	384,41	215,58
Sn	1,28	2,66	1,39	1,19	1,41	1,60	1,67	1,65	0,15	1,74	2,19	1,87	2,08
Sb	0,12	1,25	0,38	0,17	0,10	0,30	0,43	0,46	1,31	-	0,31	0,05	0,62
Pb	1,80	4,48	2,37	1,80	2,87	3,30	3,09	3,84	0,86	6,58	4,32	8,20	3,97
U	0,44	0,50	0,48	0,27	1,30	0,53	0,34	1,26	3,82	1,34	1,48	1,43	0,92
Ta	1,53	1,70	1,46	1,33	2,97	1,80	0,99	2,99	3,58	1,56	1,56	1,26	1,20
W	29,13	35,85	9,97	21,46	35,62	22,80	12,13	34,53	1,18	22,34	30,85	21,64	27,44
Hf	3,86	4,50	3,85	3,57	2,43	2,45	3,41	2,30	0,25	5,28	2,34	4,97	4,20
Th	1,42	1,82	1,41	1,35	4,68	4,83	3,33	4,86	2,29	6,62	5,70	5,64	3,70
Nadir Toprak Elementleri (ppm)													
La	13,96	16,87	13,38	14,54	39,30	28,03	18,12	37,50	-	23,50	29,97	26,61	20,80
Ce	31,32	37,51	29,89	29,35	77,83	53,23	37,58	73,25	21,27	46,60	59,97	51,60	42,57
Pr	4,12	4,86	3,93	4,18	9,19	6,38	4,46	8,63	41,01	6,39	7,18	6,80	5,15
Nd	17,54	20,48	16,87	17,82	34,89	24,63	17,75	33,08	4,90	25,89	27,57	27,56	21,01
Sm	4,29	5,05	4,11	4,48	6,69	5,15	4,01	6,47	19,43	5,88	5,47	5,87	4,69
Eu	1,60	1,88	1,55	1,61	2,18	1,66	1,35	2,14	4,18	1,90	1,65	1,72	1,53
Gd	3,98	4,60	3,90	4,01	5,72	4,67	3,64	5,75	1,37	6,27	4,77	4,93	4,27
Tb	0,67	0,75	0,65	0,66	0,81	0,73	0,59	0,80	4,09	0,91	0,71	0,79	0,70
Dy	3,47	4,02	3,54	3,55	3,82	3,82	3,19	3,80	0,67	4,86	3,56	4,08	3,88
Ho	0,66	0,75	0,66	0,68	0,68	0,71	0,63	0,69	3,61	0,95	0,68	0,79	0,75
Er	1,87	2,11	1,86	1,83	1,74	2,04	1,77	1,74	0,71	2,61	1,94	2,21	2,08
Tm	0,24	0,28	0,25	0,24	0,22	0,28	0,24	0,23	2,01	0,38	0,27	0,31	0,29
Yb	1,50	1,75	1,49	1,52	1,37	1,72	1,54	1,37	0,27	2,31	1,66	1,91	1,90
Lu	0,22	0,26	0,22	0,21	0,19	0,25	0,22	0,20	1,66	0,33	0,25	0,28	0,27
Mg#	58,83	58,24	58,36	53,61	62,02	58,56	61,00	59,56	57,98	46,40	59,61	54,14	54,14
Eu*	1,18	1,19	1,19	1,16	1,08	1,03	1,08	1,08	1,01	0,96	0,99	0,98	1,04
La _{kn} /Yb _{kn}	6,85	7,32	6,55	6,90	21,10	11,87	8,79	20,22	9,19	7,31	13,26	9,76	8,17
La _{kn} /Sm _{kn}	2,10	2,16	2,10	2,09	3,79	3,51	2,92	3,74	3,29	2,58	3,54	2,93	2,86
Gd _{kn} /Y _{kn}	2,25	2,30	2,20	2,19	3,54	2,28	2,04	3,58	2,04	2,25	2,43	2,08	1,94
Nb/Nb*	1,57	1,45	1,55	1,37	1,12	0,78	0,66	1,11	0,70	0,50	0,59	0,49	0,70



Şekil 5- Çalışma alanlarındaki volkanik kayaların polarize ışık altındaki görüntüleri. Tuzla Gölü bölgesindeki a) özşekli olivin fenokristali içeren örneğin görüntüsü, b) glomeroporfitik dokulu örneğin görüntüsü. Pınarbaşı bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayalarına ait c) mikrolitik porfirik ve d) kümülat dokulu volkanik kayaç örneklerinin görüntüsü. Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen yaşlı volkanik kayaç örneklerindeki e) özşekli olivin fenokristallerinin ve f) körfez yapılarının gözleendiği olivin fenokristallerinin görüntüleri.

ise sırasıyla %ağ. 0,7-1,1 ve % ağ. 3,3-4,9'dur (Çizelge 2).

5.3. Feldspat

RA-463 numaralı bazaltik andezit örneğindeki plajiyoklaz minerallerinin tamamı hamuru oluşturan

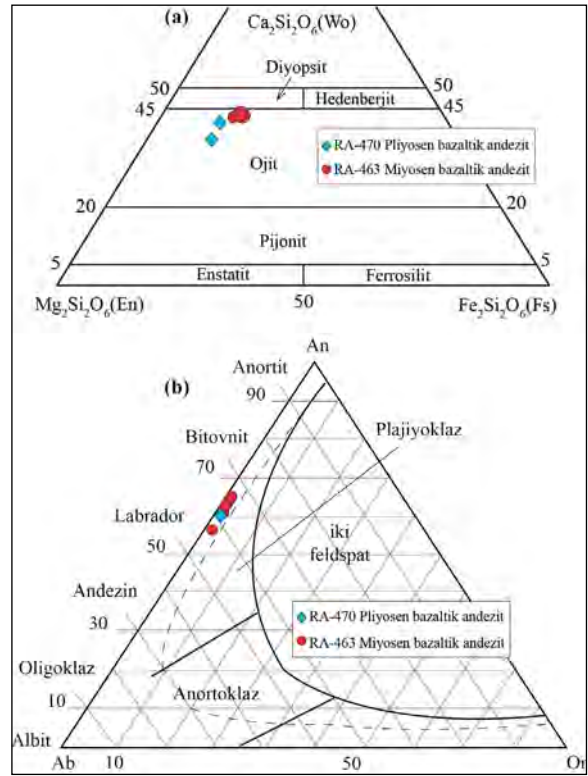
mikrolitler şeklinde gözlenmekte iken, RA-470 numaralı bazaltik andezit örneğindeki plajiyoklazların modal bolluk olarak yaklaşık %2'si fenokristaller şeklinde, diğer bölümü ise mikrolitler şeklinde gözlenmektedir. Her iki kayaç örneğindeki feldspat

mineralleri benzer bileşimlere sahip olup labrador bileşimli (Ab_{34-42}) plajiyoklazlar ile temsil edilmektedir (Şekil 6b; Çizelge 3).

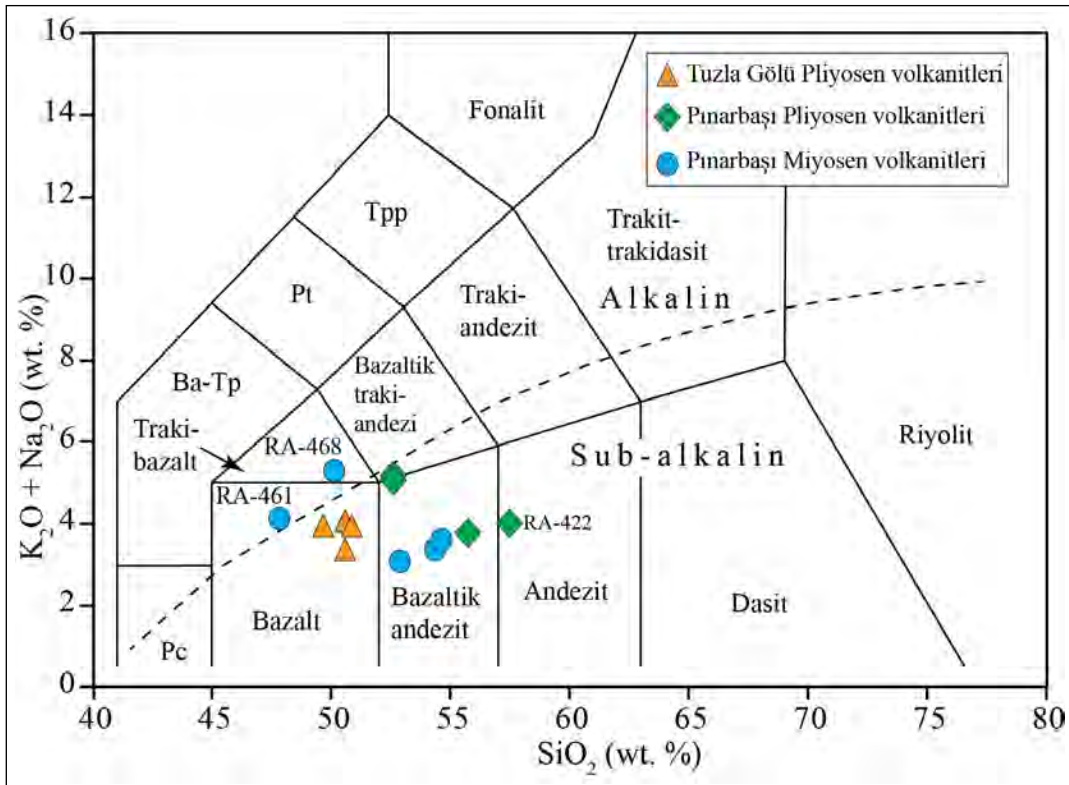
6. Tüm Kayaç Jeokimyası

6.1. Ana Element Jeokimyası

Tuzla Gölü bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayaç örnekleri toplam alkali (K_2O+Na_2O % ağı.) içeriklerine karşı SiO_2 içeriklerinin (TAS) kıyaslandığı diyagrama göre sub-alkalin bazalt bileşimine sahiptirler (Şekil 7). Bu kayaçların ana oksit bileşimlerine göre hesaplanan normatif mineralojik bileşimlerine (Çizelge 5) göre zayıf kuvars-normatif bileşim (%1,6 normatif kuvars) sunan RA-393 numaralı örnek hariç diğer örnekler olivin normatif bileşime (%7,6 – 10,5 normatif olivin) sahip olup ve silise doymamış özellik sunmaktadır. Bazalt örnekleri dar bir bileşim aralığında değişim sunan 49,7 ile 50,9 (% ağı.) arasındaki SiO_2 , 6,8 ile 7,7 (% ağı.) arasında değişen MgO içeriği ile karakterize edilmektedir (Çizelge 4). Mg# değerleri ise 53,6-58,8 arasındadır. Bazalt örnekleri Na_2O-K_2O



Şekil 6- RA-463 ve RA-470 numaralı volkanik kayaç örneklerindeki a) piroksen ve b) plajiyoklaz minerallerinin türleri.



Şekil 7- Çalışma alanındaki volkanik kayaç örneklerine ait TAS diyagramı (Le Maitre vd., 2002). Şekildeki, alkali/sub-alkalin alanlarını ayıran çizgi Irvine ve Baragar (1971)'den alınmıştır.

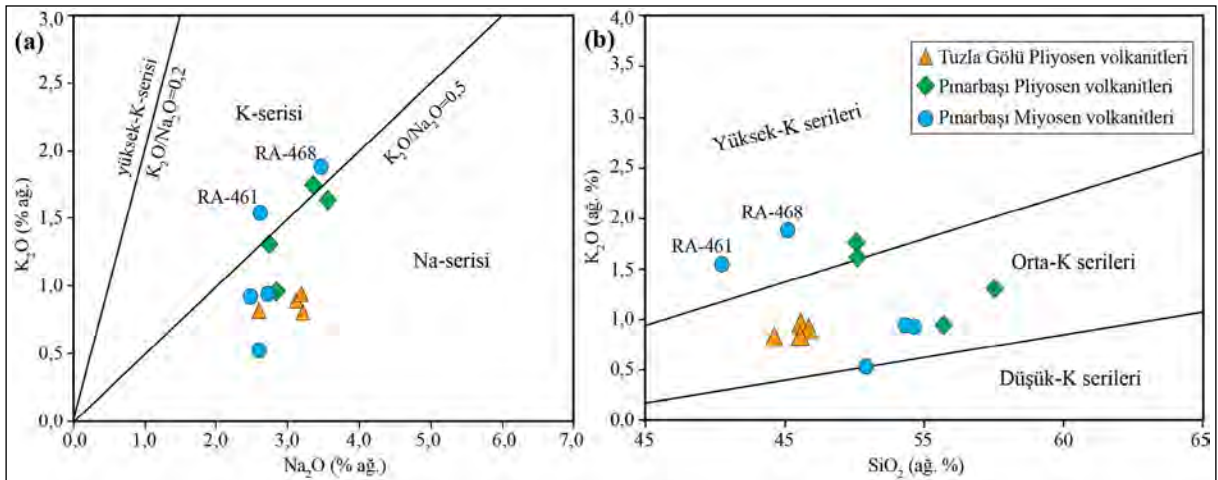
Çizelge 5- Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaç örneklerine ait normatif mineralojik bileşimleri.

Örnek	Tuzla Gölü (Pliyosen)				Pınarbaşı (Miyosen)					Pınarbaşı (Pliyosen)			
	RA-391	RA-392	RA-393	RA-403	RA-461	RA-462	RA-463	RA-468	RA-469	RA-161	RA-421	RA-422	RA-470
Kayaç	bazalt	bazalt	bazalt	bazalt	bazalt	bazaltik andezit	bazaltik andezit	traki-bazalt	bazaltik andezit	bazaltik andezit	bazaltik andezit	andezit	bazaltik andezit
Kuvars	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	8,9	6,1	0,0	7,8	1,5	0,0	13,6	9,5
Plajiyoklaz	54,2	53,5	51,8	53,4	48,6	50,5	51,4	52,7	51,6	55,5	50,0	51,6	52,2
Ortoklaz	5,6	5,3	4,9	4,9	9,5	5,5	3,1	11,3	5,6	9,9	10,5	8,0	5,7
Korundum	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Diyopsit	11,6	13,1	9,4	17,2	12,1	0,0	2,6	10,4	4,9	9,8	11,9	1,9	5,7
Hipersten	16,3	16,1	25,5	9,3	9,3	28,4	31,1	5,6	24,6	17,0	18,0	19,9	21,2
Olivin	5,9	5,8	0,0	8,6	13,8	0,0	0,0	12,9	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0
Nefelin	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
İlmenit	3,4	3,4	3,4	3,4	4,1	3,1	2,9	3,8	3,0	3,4	3,1	2,6	3,0
Manyetit	2,3	2,4	2,4	2,6	2,5	2,2	2,3	2,2	2,1	2,3	2,1	1,8	2,1
Apatit	0,8	0,3	0,3	0,6	0,2	1,0	0,5	1,0	0,5	0,7	1,2	0,5	0,6
Toplam	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

diyagramında (Middlemost, 1975) sodik karakteristik sunar (Şekil 8a). Örnekler, K_2O içeriklerine göre ise orta-K serileri karakteristiğine sahiptirler (Şekil 8b). Pınarbaşı bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayaç örnekleri TAS diyagramına göre sub-alkalin bazaltik andezit ve andezit bileşimine sahiptirler (Şekil 7). Ayrıca, bu bölgedeki örnekler göreceli olarak yüksek SiO_2 içeriklerine (52,6-57,5 % ağı.) sahip olup düşük MgO (4,4 – 7,2 % ağı.) ve $Mg\#$ (46,4-59,6) değerleriyle karakteristiktirler (Çizelge 4). Bu kayalar, normatif mineralojik bileşimlerine (Çizelge

5) göre, kuvars (%1,5-13,6) normatif ve düşük olivin (%3,2) normatif değerlere sahiptirler. Örneklerin K_2O ve Na_2O içeriklerine göre Na- ve K-serileri özelliği ve SiO_2 ve K_2O içerikleri kıyaslandığında ise örneklerin orta- ve yüksek K-serileri karakteristiği sunmaktadır (Şekil 8a, b).

Miyosen yaşlı volkanik kayaç örnekleri TAS diyagramına göre iki örnek (RA-461 ve RA-468) alkali bazalt ve traki-bazaltik bileşimine sahip iken diğer örnekler sub-alkalin bazaltik-andezit bileşime



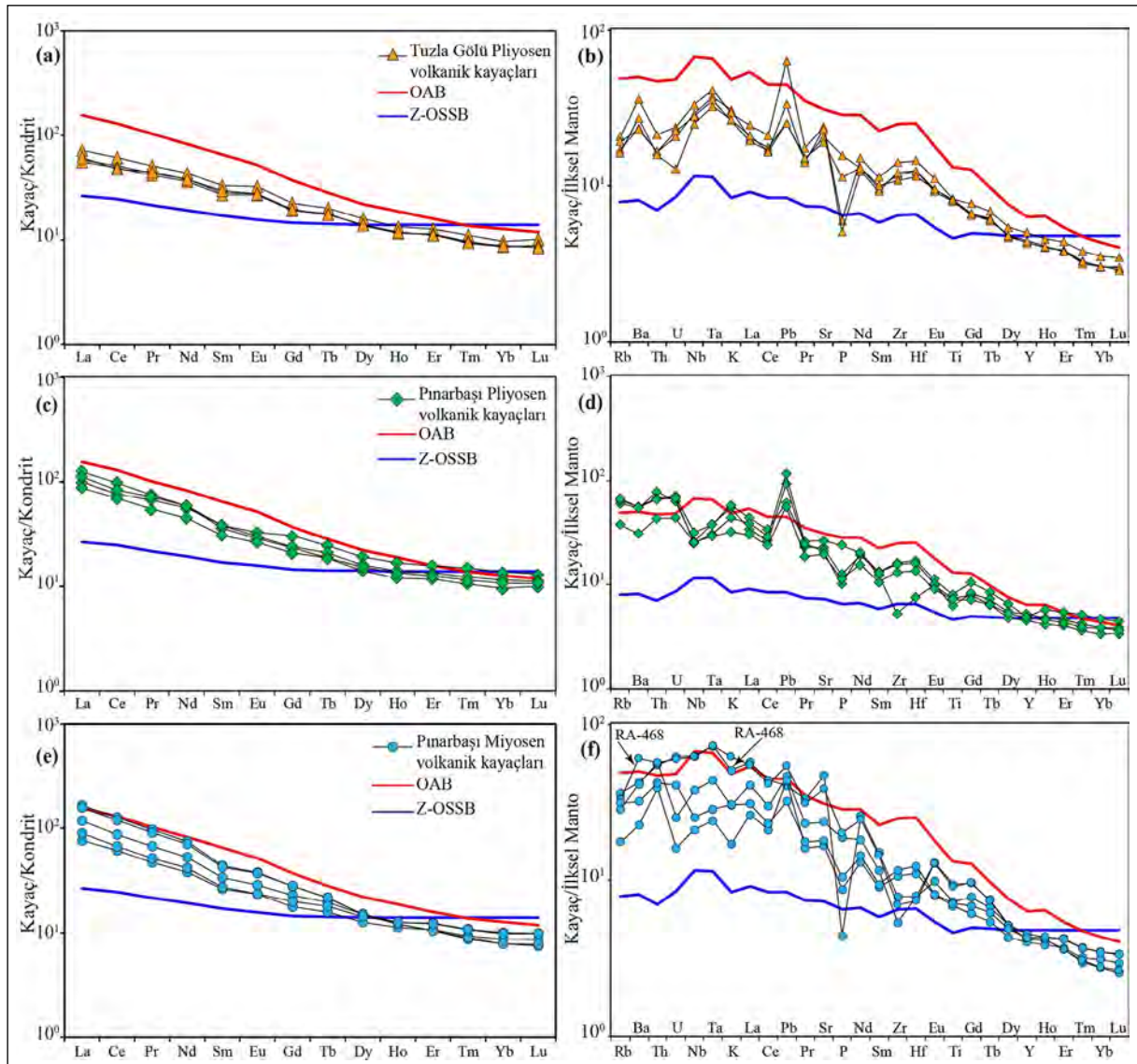
Şekil 8- Çalışma alanındaki volkanik kayaç örneklerine ait a) Na_2O (% ağı.) içeriklerine K_2O (% ağı.) içeriklerinin (Middlemost, 1975) ve b) SiO_2 (% ağı.) içeriklerinin K_2O (% ağı.) içerikleri ile kıyaslanması (Peccerillo ve Taylor, 1976).

sahiptirler (Şekil 7). RA-461 numaralı alkali bazalt örneği, diğer örneklerle kıyasla daha düşük SiO_2 (% ağı. 47,8) ve daha yüksek MgO (% ağı. 8,9) içeriği ile kısmen ilksel magma bileşimini yansıtan özellik sunmaktadır (Çizelge 4). Diğer örneklerin SiO_2 içerikleri % ağı. 50,2 ile 54,2 arasında, MgO içerikleri % ağı. 6,7 ile 8,2 arasındadır (Çizelge 4). Kayaçların ana oksit bileşimlerine göre hesaplanan normatif mineralojik bileşimlerine (Çizelge 5) göre alkali örnekler (RA-461 ve RA-468) olivin normatif bileşimde silise doymuş, diğer örnekler ise kuvars normatif bileşimde silise aşırı doymuş olarak sınıflandırılmıştır. RA-461 ve RA-468 numaralı örnekler Na_2O ve K_2O içeriklerine

göre yüksek K'lu özelliğe sahip iken, diğer örnekler Na-serisi ve orta K-serileri alanına iz düşmektedir (Şekil 8a, b).

6.2. İz ve Nadir Toprak Element Jeokimyası

Tuzla Gölü bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayaçların kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element (NTE) diyagramında hafif nadir toprak (HNT) elementlerinde, ağır nadir toprak (ANT) elementlerine göre göreceli olarak bir zenginleşme ve HNT elementlerinden ANT elementlerine negatif yönelim sunmaktadırlar (Şekil 9a). Okyanus adası



Şekil 9- a, c, e) Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaç örneklerin kondrite göre normalize edilmiş nadir toprak element diyagramları ve b, d, f) aynı kayaçların ilksel manto bileşimine göre normalize edilmiş çoklu element diyagramları (Diyagramlardaki normalize değerleri Sun ve McDonough, 1989'a göredir).

bazalt (OAB) bileşimine göre kıyaslandıklarında, daha fakir zenginleşme oranına sahip oldukları anlaşılmaktadır. Bununla birlikte, zenginleşmiş okyanus ortası sırtı bazalt (Z-OOSB) bileşiminden ise HNT elementlerindeki zenginleşme ($La_{(kn)}/Sm_{(kn)}=2,1-2,2$; kn ifadesi kondrit normalize değerleri temsil etmektedir), ortaç nadir toprak (ONT) elementlerinden ANT elementlerine doğru azalış ($Gd_{(kn)}/Yb_{(kn)}=2,2-2,3$) ile farklılık sunmaktadır (Şekil 9a). Aynı örneklerin, ilksel mantoya (İM; İlksel manto değerleri Sun ve McDonough, 1989'a göredir) göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında pozitif Pb anomalileri dikkat çekerken negatif P anomalisi sunmaktadır (Şekil 9b). Söz konusu örnekler Nb-Ta elementlerinde belirgin pozitif anomaliler sunmakta (Şekil 9b) olup 1,37-1,57 arasında değişen Nb/Nb* ($Nb_{IM}/(Th_{IM} \times La_{IM})^{0.5}$) değerleri ile karakterize edilmektedir.

Pınarbaşı bölgesi Pliyosen yaşlı volkanik kayaçları HNT elementlerinde, ANT elementlerine göre göreceli olarak bir zenginleşme ve HNT elementlerinden ANT elementlerine göre negatif yönelim sunmaktadırlar (Şekil 9c). $La_{(kn)}/Yb_{(kn)}$ ile $La_{(kn)}/Sm_{(kn)}$ oranları sırasıyla 6,5-21,1 ve 2,1-3,8 arasında değişmektedir. Ayrıca, OAB'ye göre kıyaslandıklarında benzer dağılım desenine sahip olmalarına karşın nispeten daha düşük ONT element bollukları ($La_{(kn)}/Sm_{(kn)}=2,1$) ile farklılık göstermektedirler (Şekil 9c). İlksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında Pınarbaşı Pliyosen volkanik kayaçları büyük iyon çaplı litofil (LIL) elementlerinde (ör. Rb, Ba, Sr, ve K) OAB bileşimine benzer bir zenginleşme sunmakla birlikte, belirgin pozitif Pb anomalisi ve Nb, Ta, P ve Ti elementlerindeki negatif anomaliler ile OAB bileşiminden belirgin farklılıklar sundukları anlaşılmaktadır (Şekil 9d).

Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen yaşlı volkanik kayaçlar kondrite göre normalize edilmiş NTE diyagramında, OAB bileşimine ($La_{(kn)}/Sm_{(kn)}=2,4$, $Gd_{(kn)}/Yb_{(kn)}=2,9$; Sun ve McDonough, 1989) benzer şekilde HNT elementlerinden ANT elementlerine doğru azalan dağılım deseni ($La_{(kn)}/Sm_{(kn)}=2,9-3,8$, $Gd_{(kn)}/Yb_{(kn)}=2,0-3,6$) sunmaktadırlar (Şekil 9e). Bununla birlikte, aynı diyagramda alkali bazalt örnekleri, kalk-alkalin bazaltik andezit örneklerine

kıyasla HNT elementlerinde ANT elementlerine göre zenginleşme oranları daha yüksek olduğu dikkati çekmektedir ($La_{(kn)}/Yb_{(kn)}=20,2-21,2$ alkali örnekler için, $La_{(kn)}/Yb_{(kn)}=8,8-11,9$ kalk-alkali örnekler için). Pınarbaşı Miyosen volkanik kayaçlarının ilksel mantoya göre normalleştirilmiş çoklu element desenleri farklı oranlarındaki yüksek alan kuvvetli (HFS) (ör. Nb, Ta, Zr, Y ve Ti), LIL elementlerinde (ör. Rb, Ba, K, Pb) zenginleşmeler sunmaktadır (Şekil 9f). Aynı diyagramda, alkali bazalt örnekleri pozitif Nb anomalileriyle ($Nb/Nb^* = 1,11-1,12$) karakterize edilmekte iken kalk-alkalin bazaltların örnekleri negatif Nb anomalilerine ($Nb/Nb^* = 0,66 - 0,78$) sahiptirler (Şekil 9f).

7. Tartışma ve Sonuçlar

Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaçlar değişken derecelerde fraksiyonel kristalleşme süreçlerinden etkilenmiş olup genel itibarıyla ilksel magmaları temsil etmemektedir. Tuzla Gölü bölgesindeki bazalt örneklerinin silika ve ferromagnezyen element içerikleri açısından dar bir aralığı göstermelerine rağmen, ilksel bazaltik ergiyikler için varsayılandan daha düşük MgO (% ağı. 6,8-7,3), Mg# (53,6-58,8) ve Ni (121-151 ppm) içeriklerine sahip olmaları, evrimleşmiş olabileceklerine işaret etmektedir. Benzer şekilde, Pınarbaşı Pliyosen volkanik örneklerin de ortaç SiO_2 (% ağı. 52,6-57,5) içerikleri ile düşük MgO (%ağı. 4,4-7,2), Mg# (46-60), ve Ni (69-114 ppm) içerikleri birincil kaynaktan türemediklerini ve kıtasal seviyelerde fraksiyonel kristallenme veya kıtasal kirlenmeden etkilendiklerine işaret etmektedir. Pınarbaşı Miyosen volkaniklerinden iki alkalin karakterdeki bazalt örnekleri (RA-461 ve RA-468) hariç diğer örneklerin nispeten düşük Ni (101-182 ppm) ve Cr (234-268 ppm) içerikleri de bu kayaçların ilksel bir magma bileşiminden ziyade fraksiyonel kristallenme süreçlerine maruz kaldığını işaret etmektedir. Göreceli olarak kısmen yüksek MgO içeriklerine (%ağı. 8,9 – 8,2) sahip Miyosen alkali bazalt örneklerinin ise fraksiyonel kristallenme veya kıtasal kirlenme süreçlerinden daha az etkilendiklerine işaret etmektedir. Her iki bölgedeki volkanik kayaç örneklerinin Al_2O_3/CaO oranı ile MgO içerikleri arasındaki korelasyon klinopiroksen fraksiyonasyonunun plajiyoklaz fraksiyonasyonundan

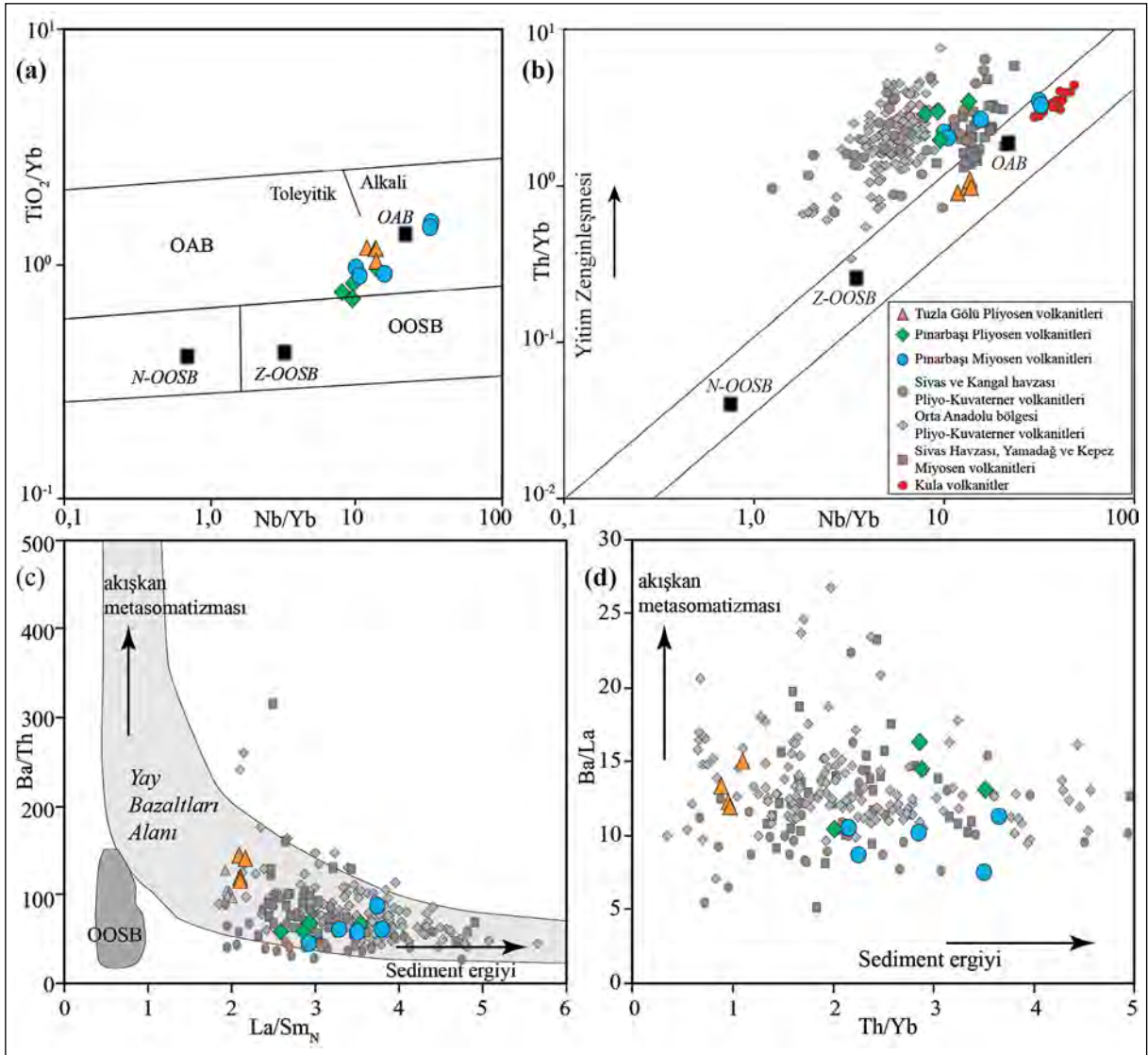
daha etkili olduğu ifade edilebilir. Öte yandan, her iki bölgedeki volkanik kayaç örneklerinin Eu/Eu^* oranları 1,0 ile 1,2 arasında değişmesi, kayaçların oluşumunda plajiyoklaz minerallerinin fraksiyonel kristallenmesinin önemli bir unsur olmadığına işaret etmektedir.

Tuzla Gölü Pliyosen volkanik kayaçlarının kıtasal kabuğun tipik olarak kuvvetli negatif Nb-Ta anomalileri (ör. üst kıtasal kabuk; Rudnick ve Gao, 2003) aksine pozitif Nb-Ta anomalileri sunması, önemli bir kabuksal kirlenme etkisinin olmadığını işaret etmektedir. Ancak, manto kaynağı zenginleşmesinin ve/veya kabuk kirlenmesinin olası göstergesi olarak yorumlanabilecek belirgin pozitif Pb anomalileri sunmaktadırlar (Şekil 9b). Öte yandan, Tuzla Gölü volkanik kayaçlarının toplam kıtasal kabuk bileşiminin (Rudnick ve Gao, 2003) düşük olan Ce/Pb (3,91) ve Nb/U (6,15) oranlarına göre daha yüksek Ce/Pb (8,4-17,4) ve Nb/U (41,8-66,4) oranlarına sahip olması aynı zamanda ihmal edilebilir kabuk kirliliğine de işaret etmektedir. Bu açıdan, Tuzla Gölü bazaltlarının oluşumunda kabuksal kirlenmenin ihmal edilebilir etkisi olduğu düşünülürse, Pb değerlerinin olası zenginleşmiş manto kaynağının varlığından dolayı kaynaklandığı düşünülebilir. Pınarbaşı Pliyosen volkanik kayaçlarının ilksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında HFS elementlerine kıyasla LIL elementlerindeki zenginleşme, negatif Nb-Ta-Ti anomalileri ve pozitif Pb artışı sunması, kabuk kirlenmesine ve/veya yitim süreçlerinin (manto kaynağı zenginleşmesinin) izleri olarak değerlendirilebilir. Göreceli olarak düşük Ce/Pb (6,3-13,9) ve Nb/U (12,5-19,8) oranlarıyla Pınarbaşı Pliyosen volkanik kayaçları, kıtasal kabuk değerlerine (Taylor ve McLennan 1995; Rudnick ve Gao, 2003) yakınlık sunmakta ve kabuksal kirlenmenin etkisine dikkat çekmektedir. Pınarbaşı Miyosen örneklerinden alkali özellik sunan bazalt örnekleri (RA-461 ve RA-468) pozitif Nb ($Nb/Nb^*=1,11-1,12$) anomalileri sunmakta iken diğer örnekler negatif Nb ($Nb/Nb^*=0,66-0,78$) anomalisine sahiptir. Bu kayaçların göreceli olarak yüksek Ce/Pb (12,1-27,1) ve Nb/U (21,0-50,4) oranları, magma-kabuk etkileşiminin sınırlı olduğuna işaret etmektedir. Buna ek olarak, toplam kıtasal kabuk bileşiminin (Rudnick ve Gao, 2003) Th/Ce (0,13) ve La/Nb (2,5) oranlarına göre daha düşük

Th/Ce (0,06-0,09) ve La/Nb (0,85-1,21) oranları ile karakterize edilmektedirler. Dolayısıyla bu durum, Pınarbaşı Miyosen örneklerinde LIL elementlerindeki zenginleşmelerinin ve HFS elementlerindeki tüketilmelerinin, esas olarak manto kaynaklarından miras kalan ilksel özellikler olduğu değerlendirilebilir.

Çalışma alanındaki volkanik kayaçları oluşturan manto kaynağına ait özellikler hakkında bilgi elde edilebilmesi için, kayaçların iz ve nadir toprak element bileşimlerinin kullanıldığı çeşitli jeokimyasal diyagramlardan (Şekil 10a-d) ve element oranlarından faydalanılmıştır. Önceki bölümde değinildiği gibi, incelenen volkanik kayaçlar ilksel magmaları temsil etmemektedir, ancak özellikle Tuzla Gölü volkaniklerinin oluşumunda kabuksal kirlenme süreçlerinin sınırlı olduğu varsayılırsa, türetildikleri mantonun doğası hakkında bazı bilgiler sağlamaktadır. Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen ve Pliyosen volkaniklerinin de bu özellikleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

TiO_2/Yb ve Nb/Yb oranları, ikincil alterasyon ve yitimle ilişkili zenginleşme süreçlerinden bağımsız olarak volkanik kayaçların ilksel manto kaynağı bileşimlerini incelemek için kullanılabilir (Pearce, 2008). Buna göre, Şekil 10'da çalışma alanlarındaki volkanik kayaçların ağırlıklı olarak OAB dizisinde yer aldığı ve OAB ile Z-OOSB bileşim alanları arasında genel bir eğilim oluşturdukları ve zenginleşmiş bir manto kaynağından türedikleri anlaşılmaktadır. Ayrıca, Tuzla Gölü volkanik kayaçlarının ilksel mantoya göre normalize edilmiş çoklu element diyagramında (Şekil 9b) HFS elementleri için negatif anomaliler belirgin olmayıp aksine pozitif Nb anomalisine ($Nb/Nb^*=1,37-1,57$) sahip olması zenginleşmiş bir manto kaynağından türediğini desteklemektedir. Buna karşın, Pınarbaşı Pliyosen volkaniklerindeki negatif Nb-Ta-Ti anomalileri ($Nb/Nb^*=0,49-0,70$) ve pozitif Pb anomalileri kabuk kirlenmesinden ve/veya yitimle ilişkili zenginleşmeden farklı derecelerde etkilenmiş olabileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde, Pınarbaşı Miyosen bazaltları da yüksek LIL elementlerinde zenginleşme ve Nb-Ta, P, Zr ve Hf gibi elementlerdeki negatif anomaliler ve pozitif Pb anomalileriyle temsil edilmektedir.



Şekil 10- Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaç örneklerinin a) Nb/Yb – TiO₂/Yb (Pearce, 2008), b) Nb/Yb – Th/Yb (Pearce, 2008), c) La/Sm_N – Ba/Th ve d) Th/Yb – Ba/La kıyaslama diyagramları üzerinde değerlendirilmesi. Pliyo-Kuvaterner yaşlı Sivas ve Kangal havzası volkaniklerine ait kayaç verileri Kürkcüoğlu vd. (2015), Kocaarslan ve Ersoy (2018), Di Giuseppe vd. (2021), Furman vd. (2021)'den, Orta Anadolu bölgesi Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkaniklerine ait kayaç verileri Güçtekin ve Köprubası (2009), Gençlioğlu-Kuşcu (2011), Doğan vd. (2013), Doğan (2015) Di Giuseppe vd. (2018), Doğan-Külahçı vd. (2018), Reid vd. (2017), Uslular ve Gençlioğlu-Kuşcu (2019), Furman vd. (2021), Gall vd. (2021), Akkaş ve Çubukçu (2023)'dan, Miyosen yaşlı Sivas havzası, Yamadağ ve Kepez volkaniklerine ait kayaç verileri Kürüm vd. (2008), Ekici vd. (2009), Ekici (2016), Kocaarslan ve Ersoy (2018), Di Giuseppe vd. (2021)'den ve Kula volkaniklerine ait veriler Aldanmaz (2002) ve Aldanmaz vd. (2015)'den alınmıştır.

Bu durum, yitim süreçleriyle modifiye olmuş mantodan türeyen magmatik kayaçlar için oldukça yaygındır (Pearce, 1982; Hawkesworth vd., 1993; Elliott, 2003; Marschall ve Schumacher, 2012; Zheng vd., 2020). Dolayısıyla, bu kayaçların dalan levhadan türeyen akışkan ve/veya ergiyiklerle (ör. dalan sedimanların ergimesi) metasomatize olarak zenginleşmiş manto kaynağından türemiş oldukları düşünülebilir (Pearce

ve Parkinson, 1993; Lustrino ve Wilson, 2007). Th/Yb oranları ile Nb/Yb oranları arasındaki ikili değişim grafiği (Pearce, 2008; Şekil 10b), çalışma alanlarındaki incelenen volkanik kayaç örneklerinin manto kaynağı özelliklerini değerlendirmek için kullanılabilir. Şekil üzerinde aynı zamanda kıyaslama amacıyla Orta ve Doğu Anadolu bölgelerindeki diğer volkanik kayaçlara ait veriler de sunulmuştur. Fraksiyonel

kristallenmenin ve kabuksal kirlenmenin etkilerini en aza indirgeyebilmek için, literatürdeki SiO_2 içeriği % ağı. 58'den az olan ve MgO içeriği % ağı. 4'den fazla olan örnekler dikkate alınmıştır. Burada, yitimle ilişkili metasomatizma süreçlerinden etkilenmiş manto kaynağından türemiş ve bu yönde jeokimyasal özellikler taşıyan magmatik kayalar, N-OOSB, Z-OOSB ve OAB bileşimleri tarafından tanımlanan manto dizisinin üzerinde yer alan Th/Yb oranları ile temsil edilmektedir. Şekil 10b'de görüldüğü gibi, Orta Anadolu Volkanik Bölgesi'ndeki volkanik kayalar genel olarak Nb/Yb oranlarına kıyasla yüksek Th/Yb oranlarına sahip olup manto dizisinin oldukça üzerinde yer almaktadır. Nitekim, Pınarbaşı bölgesindeki Pliyosen bazaltlarının yüksek Th/Yb değerlerine sahip olmasıyla manto dizisi üzerinde yer almaktadır. Bu durum, Pınarbaşı Pliyosen volkanik kayalarının manto kaynak alanında yitim bileşenin varlığına işaret etmektedir. Ancak, Tuzla Gölü volkanik kayaları manto dizisi üzerinde Z-OOSB ile OAB arasındaki alanda yer almakta ve daha çok OAB benzeri bir kaynak özelliğine sahiptir. Pınarbaşı Miyosen volkanik kayalarından alkali özellikler sunan iki örnek OAB benzeri manto dizisini yakın alana iz düşmektedir. Bu da yitimle modifiye edilmiş bir kaynağın rolünün bu iki örnek (RA-461, RA-468) durumunda sınırlı olduğunu göstermektedir. Diğer Miyosen örnekleri ise, Orta Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerindeki Miyosen yaşlı volkanik kayaları için tipik olan manto dizisinin üzerindeki alana iz düşmektedir. Bu durum, özellikle Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen ve Pliyosen yaşlı volkanik kayaların oluşumunda değişken miktarlarda yitim bileşeni içeren bir manto kaynağının rol oynadığını kuvvetle düşündürmektedir. Yitim sonucu dalan okyanusal levhadan türeyen akışkanlarla zenginleştirilmiş bir kaynak ile dalan sedimanların ergimesi ile zenginleştirilmiş bir kaynak arasında farklılıklar olabilmektedir (Hawkesworth vd., 1997; Elliott vd., 1997; Elburg vd., 2002; Elliott, 2003). Örneğin, Ba/Th oranları ile ilksel mantoya göre normalize edilmiş La/Sm_N oranlarının kıyaslandığı ikili değişim grafiğinde (Şekil 10c), manto kaynağından aktarılan elementlerin kaynak türünün belirlenmesindeki yaklaşım için sıklıkla kullanılmaktadır (Elliott, 2003; Marschall ve Schumacher, 2012; Li vd., 2022). Yüksek Ba/Th ve

düşük La/Sm_N oranları, manto kaynağında yitimle ilişkili sediman ergiyiğinin sonucunda olduğu düşünülmektedir (Elliott vd., 1997; Pearce vd., 2005). Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen ve Pliyosen yaşlı volkanik kaya örnekleri düşük Ba/Th (<90) ve nispeten yüksek La/Sm_N (>3) oranlarına sahip olup sediman ergiyiklerinin daha büyük bir orandaki katkısını göstermektedir (Şekil 10c). Benzer şekilde, düşük Ba/La ve Yüksek Th/Yb değerleri sediman kaynaklı ergiyin rolüne işaret etmektedir (Şekil 10d; Elliott vd., 1997; Woodhead vd., 2001). Ancak, bu diyagramlarda Tuzla Gölü bölgesindeki volkanik kayaların Pınarbaşı bölgesindekilere göre göreceli olarak yitimle ilişkili sediman ergiyiklerinden daha az etkilenmiş oldukları dikkat çekmektedir. Buna ek olarak, Tuzla Gölü volkaniklerinin magma kaynağındaki sediman bileşenin varlığını işaret eden Th/La oranlarının (0,09-0,11), Plank (2005) tarafından yukarıda verilen referans aralıklarından daha düşük ve alt sınır değerine yakın (0,09-0,34) olduğu görülmektedir. Buna karşın, Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen ve Pliyosen volkanik kayaları beklenildiği üzere, Miyosen volkanik kayaları için 0,12-0,18 ve Pliyosen volkanik kayaları için 0,18-0,28 arasında değişen yüksek Th/La oranları ile karakterize edilmektedir. Dolayısıyla, Th/La oranları da Tuzla Gölü volkaniklerinin magmasının yitimle ilişkili sediman ergiyiklerinden daha az etkilendiklerine işaret etmektedir. Bununla birlikte, Tuzla Gölü volkanik kayaların kısmen yüksek Ba/Th (114-142) ve Sr/Th (279-347) oranları, bu kayaların oluşumunda yitimle ilişkili akışkanlarla metasomatize olan manto kaynağının rolünü vurgulamakta (Turner vd., 1996; Hawkesworth vd., 1997) olup, bu kayalarda gözlenen pozitif Pb anomalilerinin de olasılıkla akışkan metasomatizmasının ve/veya kabuksal kirlenmenin olası etkisi olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak, Pınarbaşı bölgesindeki Pliyosen yaşlı volkanik kayalarının jeokimyasal özellikleri, Orta Anadolu Bölgesi'ndeki diğer benzer ve daha genç yaşta oluşumlardaki ayrıntılı izotopik çalışmalarına da desteklendiği gibi (Güçtekin ve Köprübaşı, 2009; Gençalioglu-Kuşcu ve Genel, 2010; Aydın vd., 2014; Reid vd., 2017; Uslular ve Gençalioglu-Kuşcu, 2019), tipik olarak yitim

süreçleriyle modifiye edilmiş manto kaynağından türeyen magma özellikleri göstermektedir (Şekil 10b-d). Aynı bölgedeki Miyosen yaşlı volkanikler ise jeokimyasal olarak kalk-alkaliden alkaliye geçişli karakter sunmakta ve LIL elementleri bakımından zenginleşmesiyle birlikte zayıf Nb ve Ta anomalileri göstermektedir. Dolayısıyla, Pınarbaşı bölgesindeki Miyosen ve Pliyosen yaşlı volkanik kayalar yitimle ilişkili jeokimyasal özellikleri sunarken, Tuzla Gölü volkaniklerinde akışkanlarla hareketlilik kazanabilen elementler hariç, bu özellik daha az belirgindir. Nitekim, Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki Pliyosen volkanik kayalar benzer oluşum yaşlarına sahip olmalarına karşın, farklı jeokimyasal özellikler sunmaları dikkat çekicidir. Benzer durum, Orta Anadolu bölgesindeki Pliyo-Kuvaterner yaşlı volkanik kayalar için de rapor edilmektedir (Gençalioglu-Kuşcu ve Geneli, 2010; Aydın vd., 2014; Reid vd., 2017; Uslular ve Gençalioglu-Kuşcu, 2019; Gall vd., 2021). Dolayısıyla, her ne kadar ayrıntılı radyojenik izotop jeokimyası çalışmalarıyla da desteklenmeye ihtiyaç olsa da Tuzla Gölü ve Pınarbaşı bölgelerindeki volkanik kayaların Orta Anadolu Bölgesinin altındaki heterojen manto kaynağından türedikleri ifade edilebilir.

Katkı Belirtme

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından (Proje No: 117Y392) tarafından desteklenmiştir. Yazarlar makalenin değerlendirme aşamasında yapıcı öneri ve düzeltmeleri ile katkı sağlayan Mustafa Açlan, Selim Özalp, Ali Ergen ve ismi belirtilmeyen hakem ve editörlere teşekkür eder.

Değinen Belgeler

- Akkaş, E., Çubukçu, H. E. 2023. Magmatic differentiation within the transcrustal magma reservoir of Develidağ volcano, Central Anatolia (Turkey). *Journal of Asian Earth Sciences* 252, 105688.
- Aldanmaz, E. 2002. Mantle source characteristics of alkali basalts and basanites in an extensional intracontinental plate setting, western Anatolia, Turkey: implications for multi-stage melting. *International Geology Review* 44 (5), 440-457.
- Aldanmaz, E., Pickard, M., Meisel, T., Altunkaynak, Ş., Sayıt, K., Şen, P., Hanan, B. B., Furman, T. 2015. Source components and magmatic processes in the

genesis of Miocene to Quaternary lavas in western Turkey: constraints from HSE distribution and Hf-Pb-Os isotopes. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 170, 1-20.

- Alıcı-Şen, P. A., Temel, A., Gourgaud, A. 2004. Petrogenetic modelling of Quaternary post-collisional volcanism: a case study of central and eastern Anatolia. *Geological Magazine* 141 (1), 81-98.
- Aydar, E., Gourgaud, A. 2002. Garnet-bearing basalts: an example from Mt. Hasan, central Anatolia, Turkey. *Mineralogy and Petrology* 75, 185-201.
- Aydar, E., Schmitt, A. K., Çubukçu, H. E., Akin, L., Ersoy, O., Sen, E., Duncan, R. A., Atıcı, G. 2012. Correlation of ignimbrites in the central Anatolian volcanic province using zircon and plagioclase ages and zircon compositions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 213, 83-97.
- Aydın, F., Schmitt, A. K., Siebel, W., Sönmez, M., Ersoy, Y., Lermi, A., Dirik, K., Duncan, R. 2014. Quaternary bimodal volcanism in the Niğde Volcanic Complex (Cappadocia, central Anatolia, Turkey): age, petrogenesis and geodynamic implications. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 168, 1-24.
- Aydın, F., Sönmez, M., Siebel, W., Karsli, O., Lermi, A. 2022. Slab break-off-related magnesian andesites and dacites with adakitic affinity from the early Quaternary Keçiboyduran stratovolcano, Cappadocia province, central Turkey: Evidence for slab/sediment melt-mantle interaction and magma mixing. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 177 (7), 65.
- Brocard, G. Y., Meijers, M. J., Cosca, M. A., Salles, T., Willenbring, J., Teyssier, C., Whitney, D. L. 2021. Fast Pliocene integration of the Central Anatolian Plateau drainage: Evidence, processes, and driving forces. *Geosphere* 17 (3), 739-765.
- Clark, M., Robertson, A. 2002. The role of the Early Tertiary Ulukışla Basin, southern Turkey, in suturing of the Mesozoic Tethys ocean. *Journal of the Geological Society* 159 (6), 673-690.
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, L., Fan, J.-X. 2013. The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes* 36:199-204.
- Çelik, Ö. F., Çörtük, R. M., Özkan, M., Davies, J. H. F. L., Marzoli, A., Sherlock, S.C., Risplendente, A., Halton, A. M., Perrot, M. 2023. New evidence for the presence of the Inner Tauride Ocean: Lithological, geochronological and PT correlations with the Tavşanlı and Afyon zones of Central Anatolia (Türkiye). *Lithos* 462, 107409.

- Çelik, Ö. F., Marzoli, A., Marschik, R., Chiaradia, M., Neubauer, F., Öz, İ. 2011. Early–middle Jurassic intra-oceanic subduction in the İzmir-Ankara-Erzincan Ocean, northern Turkey. *Tectonophysics* 509 (1-2), 120-134.
- Çelik, Ö. F., Özkan, M., Chelle-Michou, C., Sherlock, S., Marzoli, A., Ulianov, A., Altıntaş, İ. E., Topuz, G. 2019. Blueschist facies overprint of late Triassic Tethyan oceanic crust in a subduction–accretion complex in north-central Anatolia, Turkey. *Journal of the Geological Society* 176 (5), 945-957.
- Çörtük, R. M. 2021. İç Toros Okyanusu Sorunu. Doktora Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 668990.
- Çörtük, R. M., Çelik, Ö. F., Özkan, M., Marzoli, A., Alkan, A. 2023a. The origin and PT conditions of the metamorphic sole rocks beneath the Late Cretaceous Pınarbaşı Ophiolite, Eastern-Central Anatolia. *International Geology Review* 65 (2), 296-316.
- Çörtük, R. M., Çelik, Ö. F., Özkan, M., Marzoli, A., Halton, A., Sherlock, S. 2023b. Late Cretaceous–Paleogene tectonothermal evolution of the Akdağ Massif in the Central Anatolian Crystalline Complex (northern Kayseri, central Turkey). *Journal of Asian Earth Sciences* 105775.
- Dalkılıç, H., Dönmez, M., Akçay, A. E. 2009. 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Kayseri-L35 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Darin, M. H., Umhoefer, P. J. 2021. Palaeogene stratigraphy and chronology of the western Sivas Basin, central Anatolia (Turkey): Tectono-sedimentary evolution of a well-preserved basin along the northern Neotethys suture zone. *Basin Research* 33 (2), 903-932.
- Delph, J. R., Abgarni, B., Ward, K. M., Beck, S. L., Özacar, A. A., Zandt, G., Sandvol, E., Türkelli, N., Kalafat, D. 2017. The effects of subduction termination on the continental lithosphere: Linking volcanism, deformation, surface uplift, and slab tearing in central Anatolia. *Geosphere* 13 (6), 1788-1805.
- Deniel, C., Aydar, E., Gourgau, A. 1998. The Hasan Dağı stratovolcano (Central Anatolia, Turkey): Evolution from calc-alkaline to alkaline magmatism in a collision zone. *Journal of volcanology and Geothermal Research* 87 (1-4), 275-302.
- Dhont, D., Chorowicz, J., Yürür, T., Froger, J.L., Köse, O., Gündoğdu, N. 1998. Emplacement of volcanic vents and geodynamics of Central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85(1-4), 33-54.
- Di Giuseppe, P., Agostini, S., Lustrino, M., Karaoğlu, Ö., Savaşçın, M. Y., Manetti, P., Ersoy, Y. 2018. Transition from compression to strike-slip tectonics revealed by Miocene–Pleistocene volcanism west of the Karlıova triple junction (East Anatolia). *Journal of Petrology* 58 (10), 2055-2087.
- Di Giuseppe, P., Agostini, S., Di Vincenzo, G., Manetti, P., Savaşçın, M. Y., Conticelli, S. 2021. From subduction to strike slip-related volcanism: Insights from Sr, Nd, and Pb isotopes and geochronology of lavas from Sivas–Malatya region, Central Eastern Anatolia. *International Journal of Earth Sciences* 110 (3), 849-874.
- Dirik, K., Göncüoğlu M. C., Kozlu, H. 1999. Stratigraphy and pre-Miocene tectonic evolution of the southwestern part of the Sivas Basin, Central Anatolia, Turkey. *Geological Journal* 34, 303-319.
- Doğan, A. U., Peate, D. W., Doğan, M., Yesilyurt-Yenice, F. I., Unsal, O. 2013. Petrogenesis of mafic–silicic lavas at Mt. Erciyes, central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 256, 16-28.
- Doğan-Külahçı, G. D. 2015. Chronological, magmatological and geochemical study of post-collisional basaltic volcanism in Central Anatolia and its spatio-temporal evolution (Doctoral dissertation, Université Blaise Pascal-Clermont-Ferrand II).
- Doğan-Külahçı, G. D., Temel, A., Gourgau, A., Varol, E., Guillou, H., Deniel, C. 2018. Contemporaneous alkaline and calc-alkaline series in Central Anatolia (Turkey): Spatio-temporal evolution of a post-collisional Quaternary basaltic volcanism. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 356, 56-74.
- Dönmez, M., Türkecan, A., Akçay, A. E. 2003. Kayseri-Niğde-Nevşehir yöresi Tersiyer volkanitleri. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No: 10575, Ankara (yayımlanmamış).
- Ekici, T. 2016. Collision-related slab break-off volcanism in the Eastern Anatolia, Kepez volcanic complex (TURKEY). *Geodinamica Acta* 28 (3), 223-239.
- Ekici, T., Alpaslan, M., Parlak, O., Uçurum, A. 2009. Geochemistry of the Middle Miocene collision-related Yamadağı (Eastern Anatolia) calc-alkaline volcanics, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 18 (4), 511-528.
- Elburg, M. A., Van Bergen, M., Hoogewerff, J., Foden, J., Vroon, P., Zulkarnain, I., Nasution, A. 2002. Geochemical trends across an arc-continent collision zone: magma sources and slab-wedge transfer processes below the Pantar

- Strait volcanoes, Indonesia. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 66 (15), 2771-2789.
- Elliott, T. 2003. Tracers of the slab. *Geophysical Monograph-American Geophysical Union* 138, 23-46.
- Elliott, T., Plank, T., Zindler, A., White, W., Bourdon, B. 1997. Element transport from slab to volcanic front at the Mariana arc. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* 102 (B7), 14991-15019.
- Erkan, E., Özer, S., Sümengen, M., Terlemeç, T. 1978. Sarız - Şarkışla - Gemerek - Tomarza arasındaki temel jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 6546, Ankara (yayımlanmamış).
- Ersoy, Y., Helvacı, C., Sözbilir, H., Erkül, F., Bozkurt, E. 2008. A geochemical approach to Neogene-Quaternary volcanic activity of western Anatolia: An example of episodic bimodal volcanism within the Selendi Basin, Turkey. *Chemical Geology* 255 (1-2), 265-282.
- Furman, T., Hanan, B. B., Sjoblom, M. P., Kürkcüoğlu, B., Sayit, K., Şen, E., Alıcı-Şen, P., Yürür, T. 2021. Evolution of mafic lavas in Central Anatolia: Mantle source domains. *Geosphere* 17 (6), 1631-1646.
- Gall, H., Furman, T., Hanan, B., Kürkcüoğlu, B., Sayit, K., Yürür, T., Sjoblom, M. P., Şen, P. A. 2021. Post-delamination magmatism in south-central Anatolia. *Lithos* 398, 106299.
- Gençalioğlu-Kuşcu, G. 2011. Geochemical characterization of a Quaternary monogenetic volcano in Erciyes volcanic complex: Cora Maar (Central Anatolian volcanic province, Turkey). *International Journal of Earth Sciences* 100, 1967-1985.
- Gençalioğlu-Kuşcu, G., Genel, F. 2010. Review of post-collisional volcanism in the Central Anatolian Volcanic Province (Turkey), with special reference to the Tepeköy Volcanic Complex. *International Journal of Earth Sciences* 99, 593-621.
- Göçmengil, G., Karacık, Z., Genç, Ş. C., Prelević, D., Billor, Z. 2019. ⁴⁰Ar-³⁹Ar ages and petrogenesis of middle Eocene post-collisional volcanic rocks along the İzmir-Ankara-Erzincan suture zone, NE Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 173, 121-142.
- Göçmengil, G., Gülmez, F., Karacık, Z., Aysal, N. 2022. Petrogenesis of Early Cenozoic Sarıcakaya-Nallıhan Volcanism in NW Turkey: Implications for the Geodynamic Setting and Source Characterization of the Balkanatolia Magmatic Realm. *Minerals* 12 (12), 1572.
- Göğüş, O. H., Pysklywec, R. N., Şengör, A. M. C., Gün, E. 2017. Drip tectonics and the enigmatic uplift of the Central Anatolian Plateau. *Nature communications* 8 (1), 1538.
- Göncüoğlu, M. C., Dirik, K., Kozlu, H. 1997. Pre-Alpine and Alpine terranes in Turkey: Explanatory notes to the terrane map of Turkey. In *Annales géologiques des pays helléniques* 37, 515.
- Görür, N., Oktay, F. Y., Seymen, I., Şengör, A. M. C. 1984. Palaeotectonic evolution of the Tuzgölü basin complex, Central Turkey: Sedimentary record of a Neo-Tethyan closure. *Geological Society, London, Special Publications* 17 (1), 467-482.
- Güçtekin, A., Köprübaşı, N. 2009. Geochemical characteristics of mafic and intermediate volcanic rocks from the Hasandağ and Erciyes volcanoes (Central Anatolia, Turkey). *Turkish Journal of Earth Sciences* 18 (1), 1-27.
- Gülmez, F., Genç, Ş. C., Prelević, D., Tüysüz, O., Karacık, Z., Roden, M. F., Billor, Z. 2016. Ultrapotassic volcanism from the waning stage of the Neotethyan subduction: a key study from the İzmir-Ankara-Erzincan Suture Belt, Central Northern Turkey. *Journal of Petrology* 57 (3), 561-593.
- Hawkesworth, C. J., Gallagher, K., Hergt, J. M., McDermott, F. 1993. Mantle and slab contributions in arc magmas. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 21 (1), 175-204.
- Hawkesworth, C. J., Turner, S. P., McDermott, F., Peate, D. W., Van Calsteren, P. 1997. U-Th isotopes in arc magmas: Implications for element transfer from the subducted crust. *Science* 276 (5312), 551-555.
- Innocenti, F., Mazzuoli, R., Pasquare, G., Di Brozolo, F. R., Villari, L. 1975. The Neogene calcalkaline volcanism of Central Anatolia: Geochronological data on Kayseri-Nigde area. *Geological Magazine* 112 (4), 349-360.
- Irvine, T. N., Baragar, W. R. A. 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Canadian Journal of Earth Sciences* 8 (5), 523-548.
- Keskin, M. 2003. Magma generation by slab steepening and breakoff beneath a subduction-accretion complex: An alternative model for collision-related volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. *Geophysical Research Letters* 30 (24).
- Kocaarslan, A., Ersoy, E. Y. 2018. Petrologic evolution of Miocene-Pliocene mafic volcanism in the Kangal and Gürün basins (Sivas-Malatya), central east Anatolia: Evidence for Miocene anorogenic magmas contaminated by continental crust. *Lithos* 310, 392-408.

- Konak, N., Alan, İ., Bakırhan, B., Bedi, Y., Dönmez, M., Pehlivan, Ş., Sevin, M., Türkecan, A., Yusufoglu, H. 2015. 1/1.000.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Kürkçüoğlu, B. 2010. Geochemistry and petrogenesis of basaltic rocks from the Develidağ volcanic complex, Central Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 37 (1), 42-51.
- Kürkçüoğlu, B., Sen, E., Aydar, E., Gourgaud, A., Gündoğdu, N. 1998. Geochemical approach to magmatic evolution of Mt. Erciyes stratovolcano Central Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85 (1-4), 473-494.
- Kürkçüoğlu, B., Pickard, M., Şen, P., Hanan, B. B., Sayit, K., Plummer, C., Şen, E., Yürür, T., Furman, T. 2015. Geochemistry of mafic lavas from Sivas, Turkey and the evolution of Anatolian lithosphere. *Lithos* 232, 229-241.
- Kürkçüoğlu, B., Sen, E., Temel, A., Aydar, E., Gourgaud, A. 2004. Interaction of asthenospheric and lithospheric mantle: the genesis of calc-alkaline volcanism at Erciyes Volcano, Central Anatolia, Turkey. *International Geology Review* 46 (3), 243-258.
- Kürüm, S., Önal, A., Boztuğ, D., Spell, T., Arslan, M. 2008. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age and geochemistry of the post-collisional Miocene Yamadağ volcanics in the Arapkir area (Malatya Province), eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Asian Earth Sciences* 33 (3-4), 229-251.
- Le Maitre, R. W., Streckeisen, A., Zanettin, B., Le Bas, M. J., Bonin, B., Bateman, P., Bellieni, G., Dudek, A., Efremova, S., Keller, J., Lameyre, J., Sabine, P. A., Schmid, R., Sørensen, H., Woolley, A. R. 2002. *Igneous rocks. A Classification and Glossary of Terms: Recommendations of the International Union of Geological Sciences Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks*, Cambridge University Press, Cambridge, 2.
- Li, H., Hermann, J., Zhang, L. 2022. Melting of subducted slab dictates trace element recycling in global arcs. *Science Advances* 8 (2), eabh2166.
- Lustrino, M., Wilson, M. 2007. The circum-Mediterranean anorogenic Cenozoic igneous province. *Earth-Science Reviews* 81 (1-2), 1-65.
- Marschall, H. R., Schumacher, J. C. 2012. Arc magmas sourced from mélange diapirs in subduction zones. *Nature Geoscience* 5 (12), 862-867.
- Middlemost, E. A. 1975. The basalt clan. *Earth-Science Reviews* 11 (4), 337-364.
- McNab, F., Ball, P. W., Hoggard, M. J., White, N. J. 2018. Neogene uplift and magmatism of Anatolia: Insights from drainage analysis and basaltic geochemistry. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 19 (1), 175-213.
- Metin, S., Ayhan, A., Papak, İ. 1990. 1/100.000 ölçekli açınısama nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları serisi Elbistan-İ22 paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Notsu, K., Fujitani, T., Ui, T., Matsuda, J., Ercan, T. 1995. Geochemical features of collision-related volcanic rocks in central and eastern Anatolia, Turkey. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 64 (3-4), 171-191.
- Okay, A. I., Tüysüz, O. 1999. Tethyan sutures of northern Turkey. Geological Society, London, Special Publications 156 (1), 475-515.
- Okay, A. I., Topuz, G., Kylander-Clark, A. R., Sherlock, S., Zattin, M. 2022. Late Paleocene–Middle Eocene magmatic flare-up in western Anatolia. *Lithos* 428, 106816.
- Oyan, E., Oyan, V., Özdemir, Y., Güleç, N. 2023. Origin and Petrogenesis of Magmatism in Collision-Related Environments: Evidence from the Melikler Volcanics on the Kars Plateau-Turkey in the Turkish-Iranian High Plateau. *Journal of Petrology* 64 (4), egad018.
- Parlak, O., Delaloye, M., Demirkol, C., Can Ünlügenç, U. 2001. Geochemistry of Pliocene/Pleistocene basalts along the Central Anatolian fault zone (CAFZ), Turkey. *Geodinamica Acta* 14 (1-3), 159-167.
- Pearce, J. A. 1982. Trace element characteristics of lavas from destructive plate boundaries. In: THORPE, R.S. (Ed), *Andesites*. Wiley and Sons, New York, 525-548.
- Pearce, J. A. 2008. Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos* 100 (1-4), 14-48.
- Pearce, J. A., Parkinson, I. J. 1993. Trace element models for mantle melting: application to volcanic arc petrogenesis. Geological Society, London, Special Publications 76 (1), 373-403.
- Pearce, J. A., Stern, R. J., Bloomer, S. H., Fryer, P. 2005. Geochemical mapping of the Mariana arc-basin system: Implications for the nature and distribution of subduction components. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 6 (7).
- Peccerillo, A., Taylor, S. R. 1976. Geochemistry of Eocene calcalkaline volcanic rocks from the Kastamonu

- area, Northern Turkey. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 58, 63-91.
- Plank, T. 2005. Constraints from thorium/lanthanum on sediment recycling at subduction zones and the evolution of the continents. *Journal of Petrology* 46 (5), 921-944.
- Pourteau, A., Candan, O., Oberhänsli, R. 2010. High-pressure metasediments in central Turkey: Constraints on the Neotethyan closure history. *Tectonics*, 29 (5).
- Rabayrol, F., Hart, C. J., Thorkelson, D. J. 2019. Temporal, spatial and geochemical evolution of late Cenozoic post-subduction magmatism in central and eastern Anatolia, Turkey. *Lithos* 336, 67-96.
- Robertson, A. H., Parlak, O., Ustaömer, T. 2012. Overview of the Palaeozoic–Neogene evolution of neotethys in the Eastern Mediterranean region (southern Turkey, Cyprus, Syria). *Petroleum Geoscience* 18 (4), 381-404.
- Reid, M. R., Schleiffarth, W. K., Cosca, M. A., Delph, J. R., Blichert-Toft, J., Cooper, K. M. 2017. Shallow melting of MORB-like mantle under hot continental lithosphere, Central Anatolia. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 18 (5), 1866-1888.
- Reid, M. R., Delph, J. R., Cosca, M. A., Schleiffarth, W. K., Kuşcu, G. G. 2019. Melt equilibration depths as sensors of lithospheric thickness during Eurasia-Arabia collision and the uplift of the Anatolian Plateau. *Geology* 47 (10), 943-947.
- Rudnick, R. L., Gao, S. 2003. The Composition of the Continental Crust (ed. Rudnick, R.L). *Treatise on Geochemistry* 3, 1-64p.
- Schmitt, A. K., Danišik, M., Evans, N. J., Siebel, W., Kiemele, E., Aydın, F., Harvey, J. C. 2011. Acıgöl rhyolite field, Central Anatolia (part 1): High-resolution dating of eruption episodes and zircon growth rates. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 162, 1215-1231.
- Schildgen, T. F., Yıldırım, C., Cosentino, D., Strecker, M. R. 2014. Linking slab break-off, Hellenic trench retreat, and uplift of the Central and Eastern Anatolian plateaus. *Earth-Science Reviews* 128, 147-168.
- Schleiffarth, W. K., Darin, M. H., Reid, M. R., Umhoefer, P. J. 2018. Dynamics of episodic Late Cretaceous–Cenozoic magmatism across Central to Eastern Anatolia: New insights from an extensive geochronology compilation. *Geosphere* 14 (5), 1990-2008.
- Sun, S. S., McDonough, W. F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. *Geological Society, London, Special Publications* 42 (1), 313-345.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y. 1981. Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach. *Tectonophysics* 75 (3-4), 181-241.
- Taylor, S. R., McLennan, S. M. 1995. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophysics* 33 (2), 241-265.
- Temel, A., Gündoğdu, M. N., Gourgaud, A., Le Penneç, J. L. 1998. Ignimbrites of Cappadocia (central Anatolia, Turkey): Petrology and geochemistry. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 85 (1-4), 447-471.
- Toprak, V., Göncüoğlu, M. C. 1993. Tectonic control on the development of the neogene-quaternary central anatolian volcanic province, Turkey. *Geological Journal* 28 (3-4), 357-369.
- Turner, S., Hawkesworth, C., Van Calsteren, P., Heath, E., Macdonald, R., Black, S. 1996. U-series isotopes and destructive plate margin magma genesis in the Lesser Antilles. *Earth and Planetary Science Letters* 142 (1-2), 191-207.
- Uslular, G., Gençalioğlu-Kuşcu, G. 2019. Mantle source heterogeneity in monogenetic basaltic systems: A case study of Eğrikuyu monogenetic field (Central Anatolia, Turkey). *Geosphere* 15 (2), 295-323.
- Uslular, G., Le Corvec, N., Mazzarini, F., Legrand, D., Gençalioğlu-Kuşcu, G. 2021. Morphological and multivariate statistical analysis of quaternary monogenetic vents in the Central Anatolian Volcanic Province (Turkey): Implications for the volcano-tectonic evolution. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 416, 107280.
- Woodhead, J. D., Hergt, J. M., Davidson, J. P., Eggins, S. M. 2001. Hafnium isotope evidence for 'conservative' element mobility during subduction zone processes. *Earth and Planetary Science Letters* 192 (3), 331-346.
- Zheng, Y. F., Xu, Z., Chen, L., Dai, L. Q., Zhao, Z. F. 2020. Chemical geodynamics of mafic magmatism above subduction zones. *Journal of Asian Earth Sciences* 194, 104185.



MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



Amasya-Merzifon-Çobanören (AMÇ-2016/3) jeotermal arama sondaj verilerinin incelenmesi

Fatih Mehmet ÖZİÇLİ*

^aMaden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, 06530, Ankara, Türkiye

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Merzifon-Suluova,
Çek-Ayır Havza,
Hidrojeokimya, Çevresel
İzotoplar, Jeotermal Sondaj.

ÖZ

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ)'na bağlı gelişen Merzifon-Suluova çek-ayır havzasının kuzey kanadında jeotermal sistemin araştırılması amacıyla Amasya Merzifon Çobanören (AMÇ-2016/3) jeotermal sondajı gerçekleştirilmiştir. Kuyu yeri tespiti öncesi yapılan; jeoloji, jeofizik, hidrojeokimyasal veriler ile açılan kuyu sonrasında jeoloji logu, jeofizik logları, kuyu teçhizi, kuyu testleri ve kuyu üretim çalışmaları yapılarak değerlendirilmiştir. Bu veriler ışığında 2.200 metre derinlikte tamamlanan AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında kuyunun artezyen üretimi 2 l/sn ve üretim sıcaklığı 53 °C'dir. Kuyunun kompresör ile üretimi 5,3 l/sn ve üretim sıcaklığı 56 °C'dir. Kuyu test çalışmalarına göre; kuyu içi maksimum statik sıcaklık 87,65 °C, enjeksiyon endeksi 1,4 t/sa/bar, üretim endeksi 4,16 t/sa/bar ve kuyu içi maksimum statik basınç 218,13 bar olarak ölçülmüştür. Kuyuda yapılan asitleme ve üretim çalışmaları sonucunda geçirgenlik yaklaşık 4 kat arttırılmıştır. Üretim seviyeleri 1.150 ve 1.450 m'ler olarak tespit edilmiştir. AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusundan üretilen su, çevresel izotop sinyallerine göre derin dolaşıma sahip meteorik kökenli fosil sular ve sodyumlu, sülfatlı, klorürlü, mineralli sıcak su sınıfına girmektedir. Beslenim, sondajın kuzeybatısında bulunan Tavşandağı'nın yaklaşık 1.104 metredeki kotlardan olmaktadır. M05-23 no.lu örnekte yapılan katyon Na-K-Ca jeotermometresine göre rezervuar sıcaklık 92 °C ve sondaj suyuna göre ise rezervuar sıcaklığı 90 °C olarak hesaplanmıştır. Silis ve katyon jeotermometreleri değerlendirildiğinde rezervuar sıcaklığı 100 °C öngörülmektedir.

Gönderim Tarihi: 22.11.2023

Kabul Tarihi: 16.04.2024

Keywords:

Merzifon-Suluova, Pull-Apart
Basin, Hydrogeochemistry,
Environmental Isotopes,
Geothermal Drilling.

ABSTRACT

Amasya Merzifon Çobanören (AMÇ-2016/3) geothermal drilling was carried out in order to investigate the geothermal system in the northern flank of the Merzifon-Suluova pull-apart basin developed under NAFZ. The geological, geophysical, hydrogeochemical data before the well location was determined and the geology log, geophysics logs, well equipment, well tests and well production studies were carried out after the well drilled. In the light of these data, the artesian production of the well in AMÇ-2016/3 geothermal drilling completed at a depth of 2,200 meters is 2 l/sec. and the production temperature is 53 °C. The production of the well with the compressor is 5.3 l/s. and the production temperature is 56 °C. According to the well test studies, the maximum static temperature in the well was 87.65 °C, the injection index was 1.4 t/h./bar, the production index was 4.16 t/h./bar and the maximum static pressure in the well was 218.13 bar. As a result of the acidification and production studies carried out in the well, the permeability has been increased approximately 4 times. Production levels were determined as 1.150 and 1.450 m. The water produced from the AMÇ-2016/3 geothermal well is classified as deep-circulating fossil waters of meteoric origin and hot water containing sodium, sulfate, chloride and minerals, according to environmental isotope signals. Recharge is from the elevations of approximately 1,104 meters of Tavşandağı, located in the northwest of the drilling. According to the cation geothermometer (Na-K-Ca) made in the sample no. M05-23, the reservoir temperature was calculated as 92 °C and according to the drilling water, the reservoir temperature was calculated as 90 °C. When silica and cation geothermometers are evaluated the reservoir temperature is predicted to be 100 °C.

Received Date: 22.11.2023

Accepted Date: 16.04.2024

Atf Bilgisi: Özçil, F. M. 2024. Amasya-Merzifon-Çobanören (AMÇ-2016/3) jeotermal arama sondaj verilerinin incelenmesi. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 5, 25-50.

*Başvurulacak yazar: Fatih Mehmet ÖZİÇLİ, fmoziçli@hotmail.com

1. Giriş

Çalışma alanı, doğrultu atımlı normal bileşenli tektonik rejim altında bulunan KAFZ' na bağlı gelişen Merzifon-Suluova çek-ayır havzasının kuzey kanadında bulunmaktadır (Şekil 1). Merzifon-Suluova çek-ayır havzası sağa ötelenirken, normal bileşeni ile havzayı derinleştirerek çökel derinliğini arttırmaktadır (Şekil 1a). KAFZ'nun transform fay olma niteliğinden dolayı mantoya kadar uzanması jeotermal gradyan açısından önemli hale gelmiştir. 2.200 metre derinliğindeki AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı Merzifon-Suluova çek-ayır havzasının kuzey kanadını denetlemek için açılmıştır (Şekil 1b).

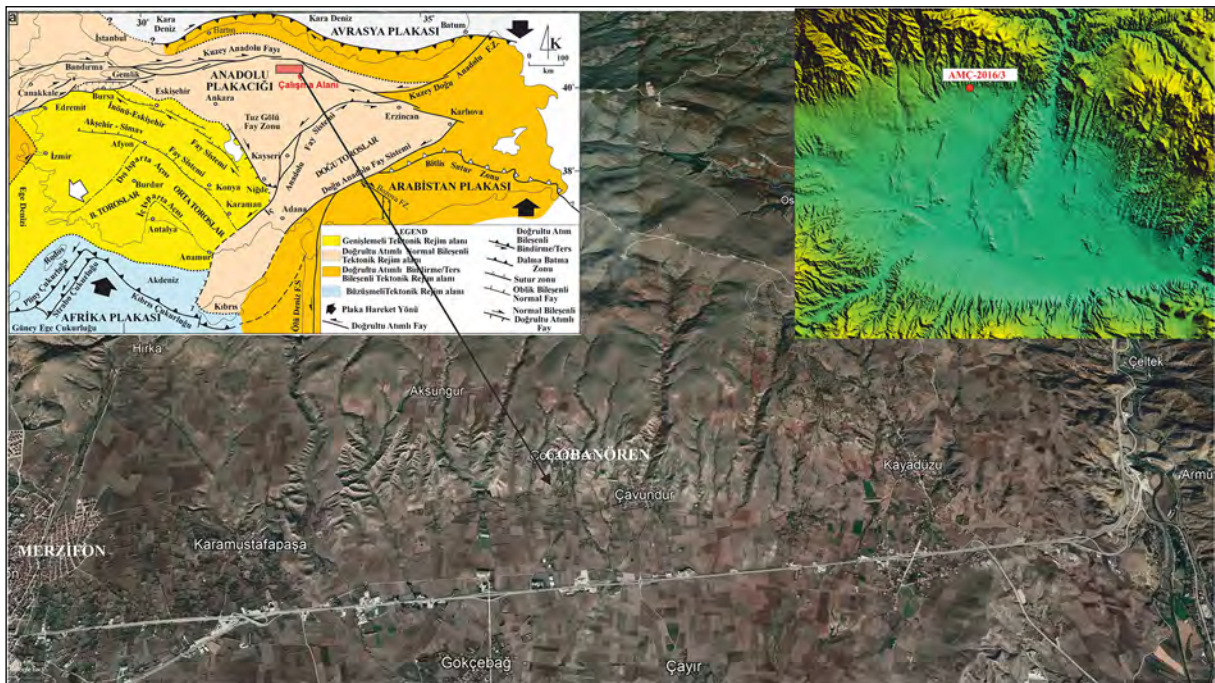
Ülkemizin bulunduğu aktif tektonik konum itibari ile jeotermal enerji kaynakları bakımından dünyada önemli bir konumda bulunmaktadır. Batı Anadolu'daki tektonik gerilme rejimiyle oluşan horst-graben sistemlerindeki yüksek sıcaklıklı jeotermal elektrik üretim sahaları, Doğu Anadolu'da ise aktif volkanizmaya ve magmatizmaya bağlı gelişen jeotermal alanlar ülkemizi jeotermal açıdan dünyanın 4. ülkesi konumuna taşımıştır.

Ülkemizi kuzeyinden doğu-batı yönünde kateden, neotektonik dönemin başlamasıyla birlikte hareketine

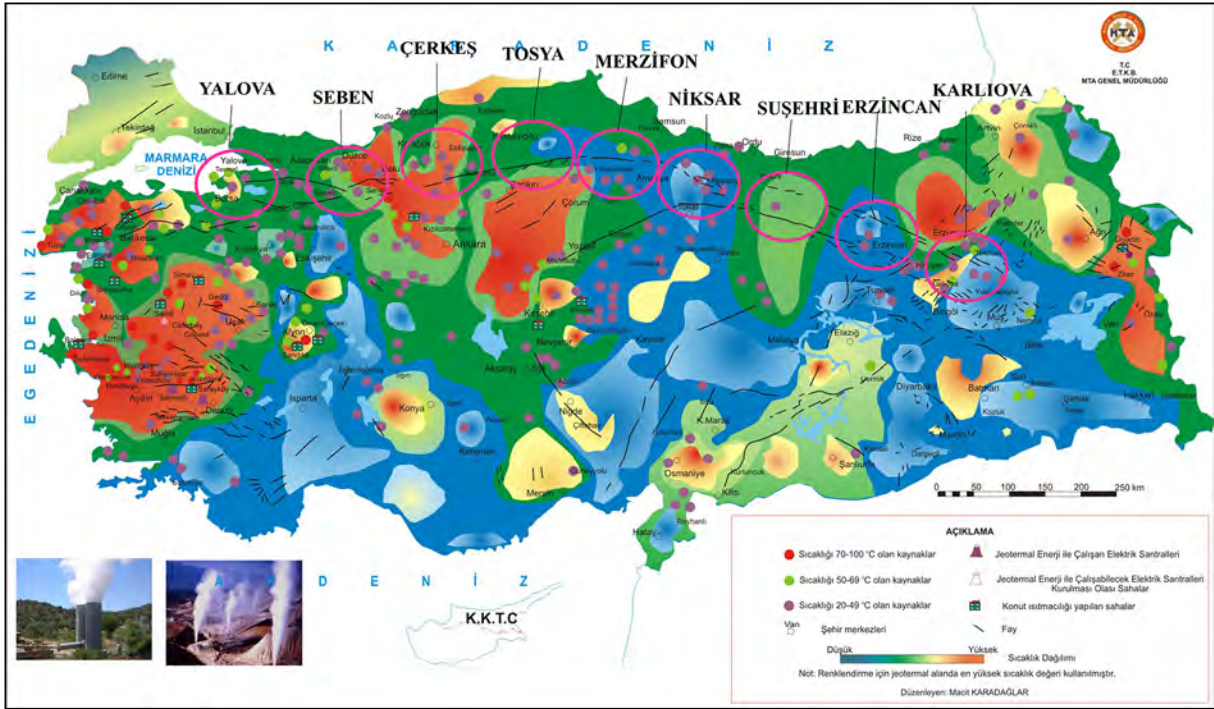
başlayan sağ yanal yönlü KAFZ boyunca gelişen çek-ayır havzalarında (Şekil 2), MTA tarafından önceki yıllarda açılan kuyulardan; Çankırı Atkaracalar 3.068 m 121 °C (Sarp ve Bakraç, 2019), Bolu Seben'de 2.200 m 95 °C kuyu taban sıcaklıkları elde edilmiştir. Akkuş vd. (2005) tarafından hazırlanan, "Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri" adlı envanterinde Merzifon ilçesinin çevresinde bulunan jeotermal kaynaklardan, sondajlara ait suların kimyasal analizlerinden, suların tiplerinden ve sondaj logları hakkında bilgi vermektedir.

Bu sıcaklıklara göre jeotermal gradyan 0.03 °C/m hesaplanmış ve kıta alanlar için hesaplanan ortalama jeotermal gradyan (0.025 °C/m; Criss, 2020) değerinden daha yüksektir.

Bu açıdan, Merzifon-Suluova çek-ayır havzasının kuzey kenarını denetlemek için AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı yapılmıştır. Sondajın yerinin belirlenmesinde kullanılan Düşey Elektrik Sondaj jeofizik yöntemi ve Doğal Potansiyel (SP) yöntemi kullanılarak görünür ve yapı kesitleri ile seviye haritaları değerlendirilmiştir. Sondajdan; litoloji, sondaj parametreleri, sondaj üretim ve kuyu geliştirme testleri ile hidrojeokimya ve izotop analizleri birlikte değerlendirilerek elde edilen



Şekil 1- Çalışma alanı yer bulduru haritası. a) Merzifon-Suluova çek-ayır havzası neotektonik rejimi (Koçyiğit ve Özacar, 2003) ve b) AMÇ-2016/3 jeotermal sondaj konumu.



Şekil 2- MTA Jeotermal Kaynaklar ve Uygulama Haritası.

akışkanın; rezervuar derinliği, rezervuar sıcaklığı tahmini, su-kayaç etkileşimi süreçleri hakkında bilgiler elde edilmiştir.

2. Bölgesel Jeoloji ve Tektonik

AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı, KAFZ'na bağlı gelişen Merzifon-Suluova çek-ayır havzasının güneyinde, İzmir-Ankara-Erzincan Zonu (İAEZ) ve Sakarya Zonu kayaçlarının tektonik ilişkiyle bir araya geldiği alanda yer almaktadır. Bu birimleri örtü kayaçları örtmektedir. Stratigrafik olarak; tabanda yerleşim yaşı Üst Kretase olan ofiyolitler ve bunların üzerine tektonik dokanakla bindiren Sakarya kıtasına ait Paleozoyik yaşlı yeşil şist fasiyesinde oluşan Tokat Metamorfitleri gelmektedir. Bunların üzerine uyumsuz olarak sırasıyla; Gelinsini (Erken-Geç Permiyen), Karakaya Formasyonu (Geç Triyas) (Bingöl vd., 1973), Soğukçam Formasyonu (Kalloviyen-Apsiyen) (Altınar vd., 1991) ve Çalarasın Formasyonu (Geç Santoniyen-Maastrichtiyen) gelir. Bunların yanı sıra, Kretase boyunca güneydeki okyanusal litosfer tüketilerek, melanj ve yığışım prizması oluşmuştur (Hakyemez vd., 1986).

Senozoyik öncesi bu birimlerin üzerine, Lütésiyen yaşlı Çeltek, Armutlu, Bayat ve Osmanoğlu

formasyonları gelmektedir. Osmanoğlu Formasyonu üzerine, Eosen yaşlı Peynirçayı Volkanitleri, Lütésiyen sonrasında ise porfirik dokulu Tavşandağı granodiyoriti bütün birimleri keserek çıkar. Bunların üzerine Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı Yedikir Formasyonu uyumsuz olarak gelir. Bunların üzerine, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Değim ile Kuvaterner yaşlı alüvyon örtmektedir (Genç vd., 1991, Sevin ve Uğuz, 2013a, b) (Şekil 3).

KAFZ ülkemizin kuzeyinde uzanan ve son yüzyılda doğudan batıya doğru yüzey kırığı boyunca sekiz büyük deprem oluşturmuş ve insan kaybı ve maddi zarara yol açmıştır (Herece ve Akay, 2003). KAFZ'nun sağ yanal doğrultu atımı ve sıkışmalı-genişlemeli yapısal unsurları gelişimi Merzifon-Suluova çek ayır havzasını oluşturmuştur (Dirik, 1994). Merzifon-Suluova havzası, Geç Miyosen-Erken Pliyosen'den başlayıp Erken-Orta Pleyistosen'e kadar süren açılma ve depolanma havza rejimi ile Erken-Orta Pleyistosen döneminden günümüze sağ yanal doğrultu atımlı rejimi altında kalmıştır (Erturaç, 2009). Koçyiğit ve Özacar, (2003)'a göre çalışma alanı, doğrultu atım ve normal bileşenli tektonik rejimi içinde yer alarak havzanın kuzey kanadını, sağ yanal eğim atımlı Merzifon Fay Zonu, güney kanatta ise Sarıbuğday,

SENZOZOYİK										LİTOLOJİ		AÇIKLAMALAR			
KUVATERNER SİSTEM										Yım Qal		SimgE			
NEOJEN										PIQd					
MIYOSEN										Tmply					
PALEOSEN										Tep					
Eosen										Teo					
LÜTESİYEN										Teb					
Eosen										Tea					
Eosen										Teç					
Eosen										Kça					
MESOZOYİK										Jks					
TRİYAS										Trk					
PERMİYEN										Pg					
PERMİYEN										Pgk					
KRETASE										Pzm					
KRETASE										Mof					
										Yım Qal		SimgE		Alüvyon (Qal); tutturulmamış blok, çakıl, kum, silt, çamur; Alüvyon yelpazesini (Qay); tutturulmamış, kötü boylanmış çakıl, kum, Yamaç Molozu (Qym); tutturulmamış tane destekli, çakıl ve blok.	
										PIQd				Gevşek tutturulmuş çakıltaşı, çamurtaşı, kumtaşı.	
										Tmply				Çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı, silttaşı, çamurtaşı, marn, ara seviyelerde jips.	
										Tep				Porfirik dokulu granodiyorit.	
										Teo				Andezit, ojit andezit, trakit, bazalt hornblend andezit, biyotit andezit, trakiandezit, dasit, aglomera, tüf, volkanik elamanlı kumtaşı içerikli.	
										Teb				Çamurtaşı, kumtaşı, üst kısımları kırık çatlaklı, fosilli kireçtaşı.	
										Tea				Alt seviyeleri volkanik malzemeden türemiş konglomera, kumtaşı, çamurtaşı, üst seviyeleri andezit, bazaltik andezit, trakit, trakiandezit, ojitandezit, biyotitandezit.	
										Teç				Konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn, kireçtaşı. Alt seviyeleri bitümlü şeyl ara seviyeli.	
										Kça				Kumtaşı, silttaşı, çakıltaşı, mikritik kireçtaşı, volkanit, çamurtaşı ve kireçtaşı olistolitleri.	
										Jks				Bol kırıklı ve çatlaklı pelajik kireçtaşları. Alt seviyeleri marn, killi kireçtaşı, silttaşı ardalanmalı, orta seviyeleri türbiditik ve breşik kireçtaşı ve çamurtaşı ardalanmalı, üst kısımları çörtlü, mikritik kireçtaşı.	
										Trk				Arkozik kumtaşı, çamurtaşı, çakıltaşı, volkanit, kumlu kireçtaşı, Karbonifer ve Permiyen yaşlı olistolitler.	
										Pg				Alta çakıltaşı, üste doğru kumtaşı kıltaşı.	
										Pgk				Karlık Üyesi; masif, kırıklı, çatlaklı kristalize kireçtaşı ve resifal kireçtaşları.	
										Pzm				Şist, fillit, kalkşist, metavolkanit, mermer.	
										Mof				Mermer Üyesi; beyaz, beyazımsı gri renkli kalkşist ara seviyeli iri kristalli mermer, kalkşist.	
														Ofiyolit; çörtlü kireçtaşı, splitik bazalt, radyolarit, çamurtaşı, gabro, diyabaz daykları, plajiyogranit, dünit ve harzburjit. Ekaylar şeklinde.	

Şekil 3- Çalışma alanı ve çevresinin dikme kesiti (Özçil, 2020).

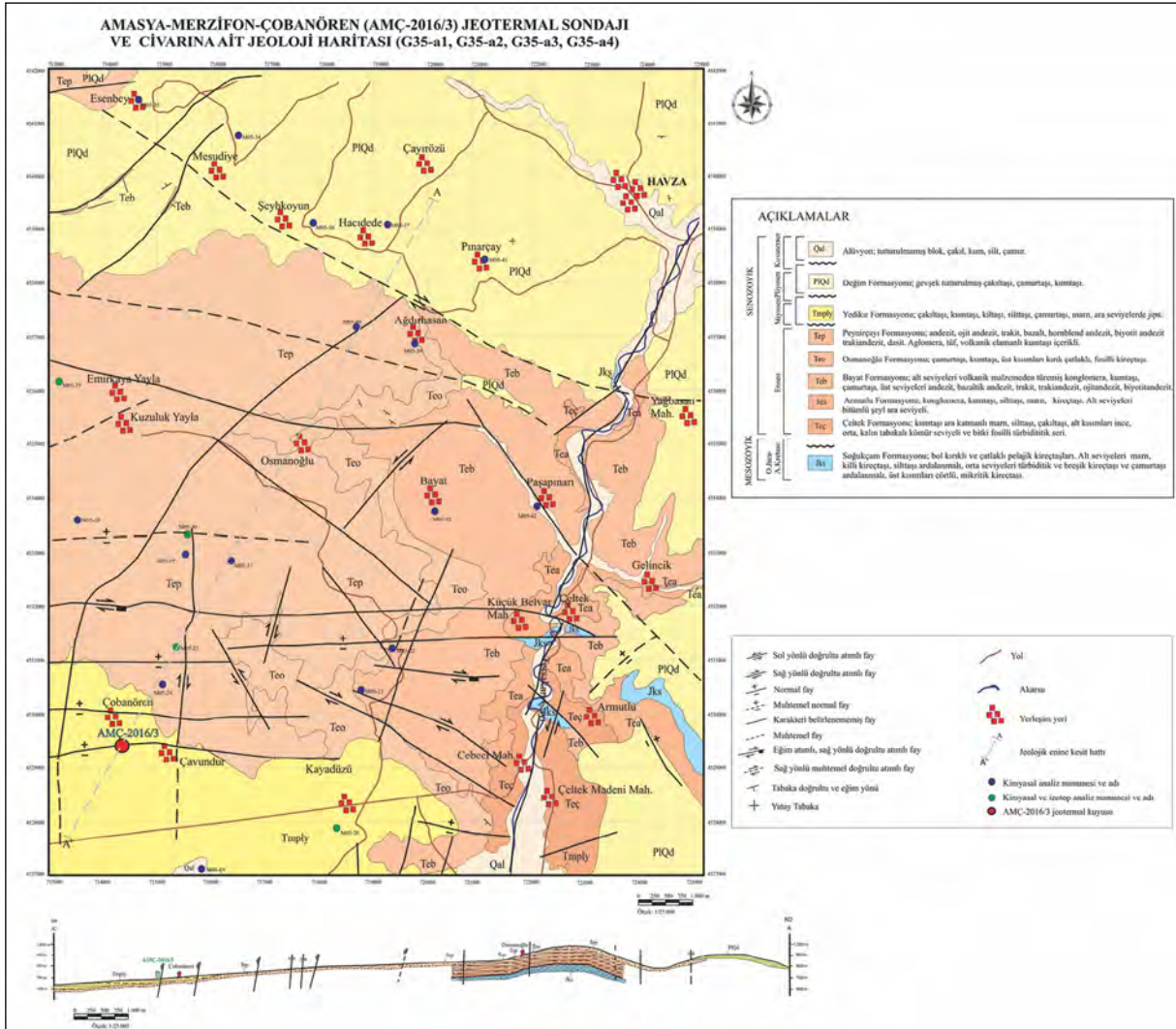
Eraslan ve Büyükçay sağ yanal eğim atımlı fayları oluşturmaktadır. Sahanın, doğusunda Suluova normal fayı ile havzanın ortasından geçen Uzunyazı ve Çetmi sağ yanal eğim atımlı fayları yer almaktadır. Bu faylar havzayı sağa doğru ötelerken derinleştirir (Rojay ve Koçyiğit, 2012). Havzada, D-B, KB-GD, KD-GB, KKD-GGB, DKD-BGB, BKB-DGD ve KKB-GGD olarak yedi ana fay grubu bulunmaktadır. Bu faylardan bazıları neotektonik dönem öncesinde çalışmış fakat tektonik rejimin değişmesi sonucu karakter değiştirmişlerdir. Çobanören jeotermal sondajı, Merzifon Fay Zonu önündeki depolanmalı havza içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanında yüzeyleyen en yaşlı birimler Jura yaşlı kireçtaşlarıdır. Jeotermal rezervuar olma özelliğine sahiptir. Jeotermal

örtü niteliğinde olan Eosen, Miyosen, Pliyosen yaşlı kırıntılı ve volkanitlerden oluşan birimler alanda geniş alan kaplar (Şekil 4).

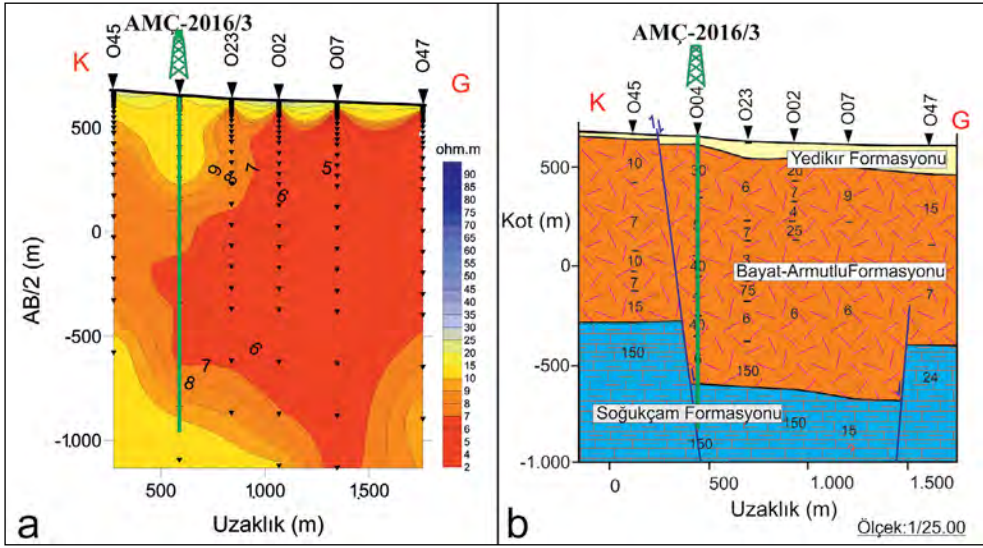
3. Jeofizik, Sondaj, Hidrojeokimya ve İzotop Çalışmaları

3.1. Jeofizik Çalışmaları

Kuzey-güney doğrultusu boyunca, kuzeyde O45 düşey elektrik sondajı (DES) noktası, güneyde O47 DES noktaları arasında yaklaşık 2.000 metre uzunluğundaki profil, 6 adet DES noktasından oluşmaktadır (Şekil 5a). Bu profile ait görünür eş öz direnç kesitindeki düşük resistiviteye sahip alanları, muhtemel tektonik hatları gösteren görünür yapı kesiti



Şekil 4- Çalışma alanının jeoloji haritası.

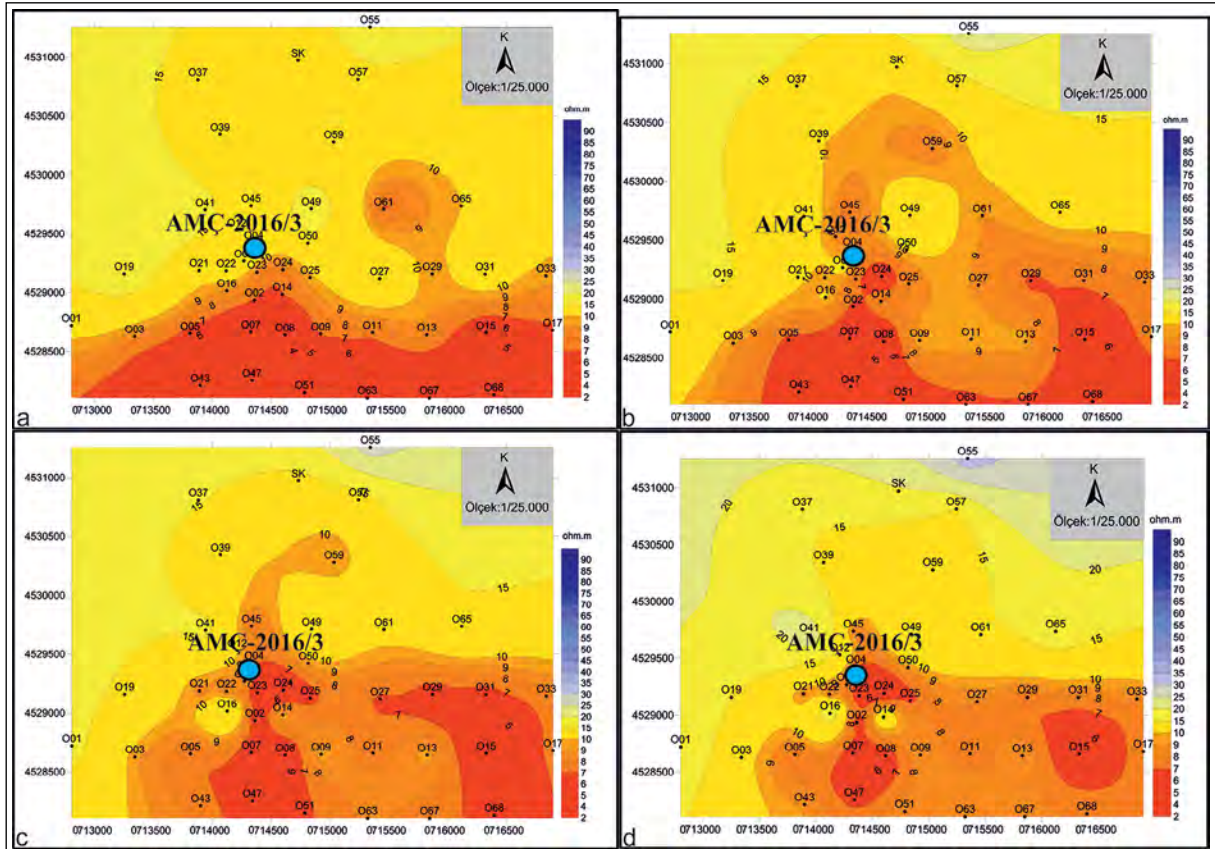


Şekil 5- Kuzey-güney profiline ait a) görünür eş öz direnç kesiti ve b) jeelektrik yapı kesiti (Öziçli vd., 2018).

ile jeotermal sondajın yeri ve kesebileceği muhtemel birimlerin kesiti ile sondajın keseceği muhtemel tektonik hatlar verilmiştir (Şekil 5a, 5b).

Sahanın taban topoğrafya haritası, DES noktalarının kot değeri ile jeelektrik temel giriş

derinliği arasındaki farkla oluşturulmuştur (Şekil 6). Taban topoğrafya haritası, tektonik hatları gösterirken, rezervuara giriş derinliği ile ilgili bilgi vermektedir. 250 metre görünür eş öz direnç seviye haritası yüzeysel veri içermekte olup, D-B yönünde tektonik



Şekil 6- a) 250, b) 500, c) 750 ve d) 1.000 m görünür eş öz direnç seviye haritaları (Öziçli vd., 2018).

hattı ortaya koymaktadır (Şekil 6a). Derin yapıları ortaya koymak için 500-750-1.000 m özdirenç seviye haritalarında ise kuzey-güney doğrultulu tektonik hat ve bu hattın termal akışkanla bağlantılı olabileceği sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 6b, 6c, 6d). Buna göre O08-O09 DES noktaları arasında yükselim O23, O07 DES noktaları ise fayın düşen bloğundaki jeotermal akışkanın hareketine bağlı bir özdirenç düşümünü göstermektedir (Şekil 6c, 6d). Profilde, O04 DES noktası, taban topografya haritasında görüleceği üzere yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı faylar ile doğu-batı doğrultulu Merzifon Fay Zonu'nun kesim noktasında bulunmaktadır. Bu noktaya ait DES eğrisine göre yaklaşık 1.250 metre civarında temel giriş derinliği düşünülmektedir (Şekil 7a). Sahada Çobanören yolu üzerinde bulunan Y: 45 29424 hattı boyunca D-B doğrultulu, 25 metre aralıklarla, O04 noktasından geçen 650 metre uzunluğunda doğal potansiyel (SP) çalışması yapılmış ve buna göre X: 714866 boylamında maksimum etki alınmıştır (Şekil 7b).

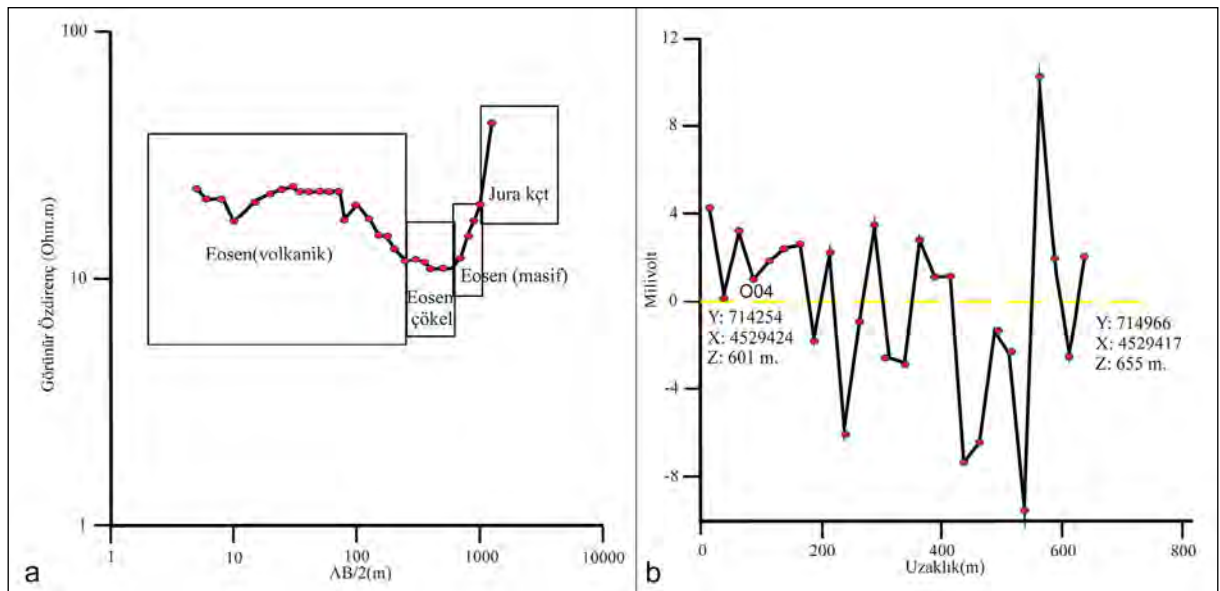
Jeotermal sondajdan geçen, batıda O19 DES noktasından başlatılarak doğuda O33 DES noktasında sonlandırılan yaklaşık 4.000 metre uzunluğundaki doğu-batı profili 10 adet DES noktasından oluşmaktadır (Şekil 8). Profilde O23-O25 DES noktaları arasında izlenen tektonik hat boyunca, görünür eş özdirenç değerleri 5 ohm.m'ye kadar düşmüştür ve O23 DES noktasında ise termal etki izlenmektedir (Şekil 8a).

Temel birimlere giriş derinliği ve muhtemel tektonik hatlar Şekil 8b'de jeoelektrik yapı kesitinde verilmiştir.

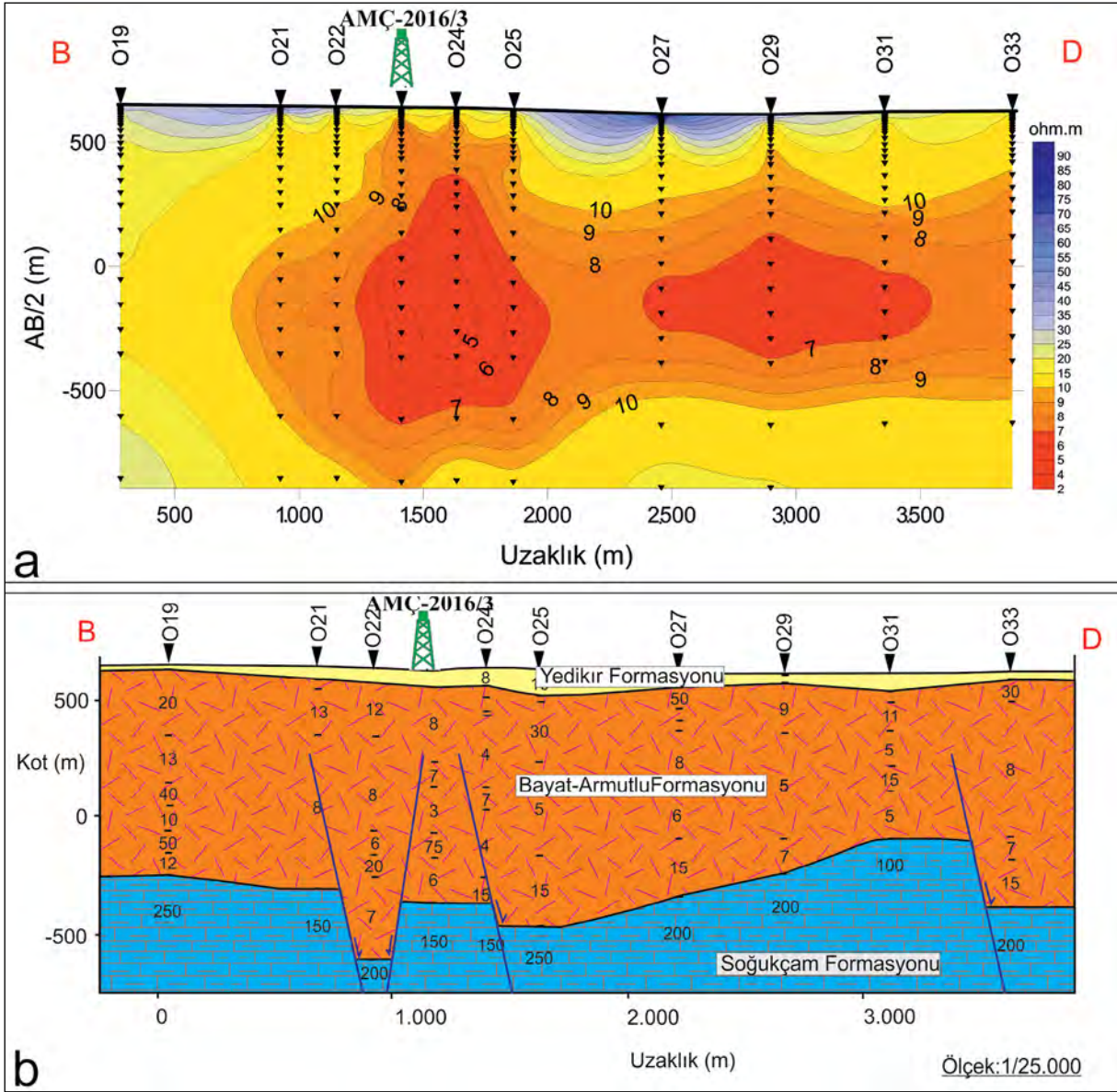
O23 DES noktası ile O04 DES noktası arasında temel giriş derinliği 1.000 ± 250 m olan bir adet jeotermal sondaj yapılmıştır.

3.2. Sondaj Çalışmaları

AMÇ-2016/3 jeotermal arama sondajı Merzifon ilçe merkezinin 5,5 km doğusunda, Çobanören köyünün hemen güneyinde yer almakta olup, kuyu takibi ve kuyu içi jeofizik log ölçü verilerine göre 2.200 metre derinlikte tamamlanmıştır (Şekil 1, Şekil 4 ve Çizelge 1). Kuyu logu Şekil 9'da verilmiştir. AMÇ-2016/3 kuyusunda kesilen litolojiler tanımlanmıştır. Toprak örtü (0-2 m): Krem renkli toprak örtü. Yedikir Formasyonu (2-60 m): Kirli beyaz, krem, bej renkli marn, kumtaşı, konglomera, kıltaşı, silttaşı, çamurtaşı ardalması ve ara seviyelerde jipslerden oluşmaktadır. Peynırçayı Volkanitleri (60-320 m): Andezit, bazaltik andezit, piroklastiklerden (ignimbirit, tüf, tüfit, volkanik parçalar yaygın) oluşmaktadır. Osmanoğlu Formasyonu (320-542 m): Bordo-şarabi renkli çamurtaşı, çakıltaşı, kumtaşı (volkanitlerden türemiş), kıltaşı ve yeşilimsi gri renkli killi kireçtaşlarından oluşmaktadır. Bayat Formasyonu (542-800 m): Gri, koyu gri, kahverenkli bazalt, ojitli, biyotitli andezit. Birimin bazı seviyeleri volkanik malzemeden



Şekil 7- a) AMÇ-2016/3 sondaj noktası DES eğrisi ve b) AMÇ-2016/3 sondaj noktasından geçen SP ölçüsü grafiği (Öziçli vd., 2018).



Şekil 8- Doğu-batı profiline ait a) görünür eş öz direnç kesiti ve b) jeoelektrik yapı kesiti (Öziçli vd., 2018).

türemiş çakıltası, kumtaşından oluşmaktadır. Çeltekk Formasyonu (800-1.060 m): Ardalanmalı grimsi, yeşil renkli, piritli kumtaşı, polijenik çakıltası (çoğunlukla metamorfik çakıllardan türemiş), kiltası, kireçtaşı. Ara ara konglomeratik seviyeli, az bitümlü seviyeler mevcuttur. Çalarasın Formasyonu (1.060-1.520 m): Yeşil gri renkli kloritleşmiş andezit ve bazalt. Üst seviyeleri kireçtaşlarından oluşmaktadır. Alt seviyelerde tuf, kiltası, aglomera, volkanit (andezit, bazalt), kireçtaşı kesilmiştir. 1.089,00-1.093,53 metreler arasında karotta, taban seviyeleri fosilli, mikritik kireçtaşı olarak tanımlanmıştır (Şekil 10a). Ofiyolit (1.520-2.200 m): Genellikle yeşil, koyu gri

renkli afanitik dokulu, makaslmalı, bol çatlak ve kırıklı, çatlaklar kalsit dolgulu ultrabazikler (peridotit, dünit, harzburjit) ile az miktarda çamurtaşı ve bloklı, bej renkli mermerlerden oluşmaktadır.

Sondajda 2.198,00-2.200,00 metreler arası karot alınmış olup karot örneği; makroskobik olarak koyu yeşil, gri renkli, masif, ince taneli, mikroskobik olarak vitroklastik dokulu, kuvars, feldispat ana bileşenli, altere kayaç parçaları, volkan camı ve pomza izlerinin bulunduğu ve kayacı verev kesen dolgu malzemesi karbonat grubu mineraller, kuvars, klorit grubu minerallerden oluşan ve orta derece altere killeşme,

Çizelge 1 - AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ait bazı özet bilgiler.

Kuyu Adı	AMÇ-2016/3			
Kuyu Yeri	Amasya-Merzifon-Çobanören			
Kule Tipi	MR-6000/2			
Koordinatlar ve pafta	X (yukarı)	: 4529383	Çorum G35-a1	
	Y (sağa)	: 714365		
	Z (kot)	: 651,00 m		
Kuyu Derinliği	2.200,00			
Kuyu Çapı ve Teçhiz Durumu	Derinlik (m)	Kuyu Çap	Boru Çap	Teçhiz Tipi
	00,00-505,00	17 1/2"	-	İlerleme
	00,00-500,36	-	13 3/8"	Casing boru
	505,00-1.093,50	12 1/4"	-	İlerleme
	00,00-1.085,78	-	9 5/8"	Casing boru
	1093,50-2198	8 1/2"	-	İlerleme
	2198 -2200	6 1/8"	-	Karotlu ilerleme
	2198 -2200	8 1/2"	-	Tarama
	1062,75-2200		6 5/8"	Liner filtreli ve kapalı casing
	1062,75-1085,32	-	"	kapalı casing (6 mm) K-55
	1085,32-1357,94	-	"	filtreli casing "
	1357,94-1402,69	-	"	kapalı casing "
	1402,69-2187,64	-	"	filtreli casing "
	2187,64-2200	-	"	kapalı casing "
Kuyu üretim verileri	Artezyen debisi	= 2,0 l/sn.		
	Kompresörle debisi	= 5,3 l/sn.		
	Artezyen sıcaklığı	= 53,0 °C		
	Kompresörlü sıcaklığı	= 56,0 °C		
	Kuyu içi maksimum sıcaklık (2.189 m)	= 87,65 °C		
	Maksimum basınç (2.189 m)	= 218,13 bar		
	Enjeksiyon endeksi	= 1,40 t/sa./bar		
	Üretim endeksi	= 4,16 t/sa./bar		

karbonatlaşma ve kloritleşme içeren altere piroklastik kayaç olarak tanımlanmıştır (Güven ve Kavukçu, 2017 rapor no: MAT-16005250/R-1, tanımlama ve analizler) (Şekil 10b).

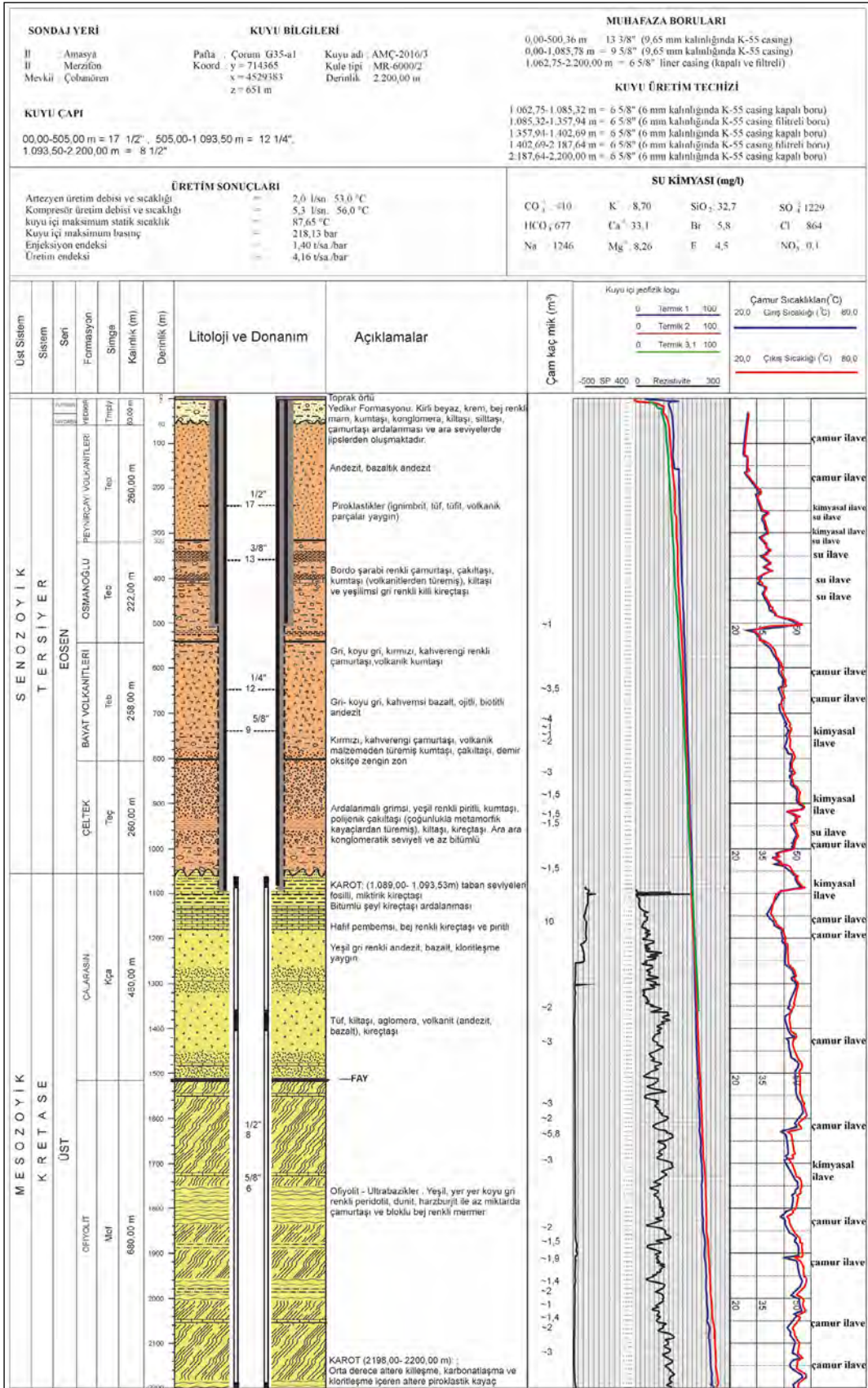
3.2.1. AMÇ-2016/3 Jeotermal Sondajı Çamur Özellikleri (Çamur giriş çıkış sıcaklıkları, çamur kaçakları)

AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında ilerleme esnasında sıcaklık artışını gözlemek ve olası rezervuar zonlarını belirlemek amacıyla çamur giriş-çıkış sıcaklıkları ölçülmüş, en yüksek sıcaklık 2.176,00 m'de 53,7 °C olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2).

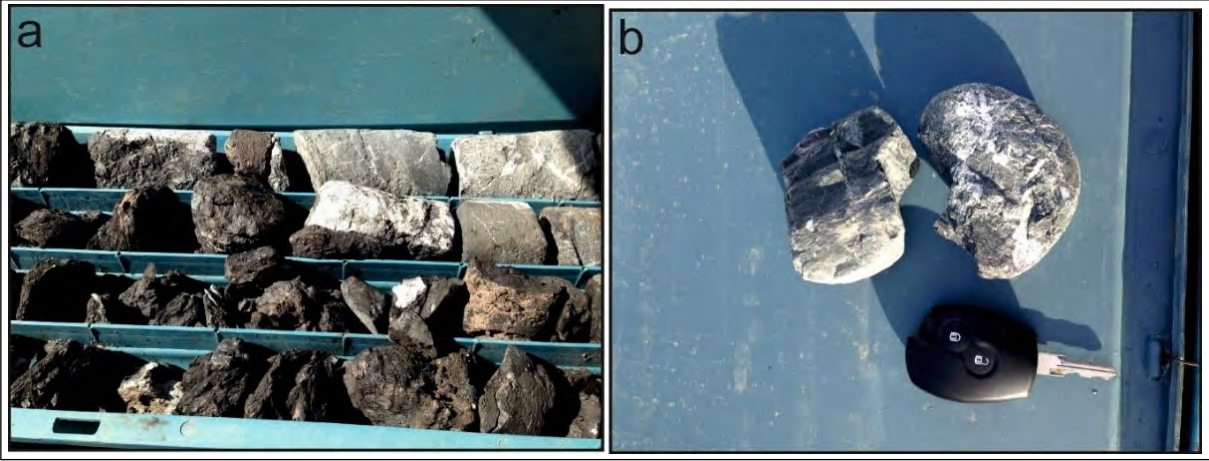
AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında ilerleme sırasında 630-2.114 metreler arası toplam 76,2 m³ kısmi çamur kaçağı ölçülmüştür (Şekil 11).

3.2.2. AMÇ-2016/3 Jeotermal Sondajı Kuyu İçi Jeofizik Log Ölçümleri

AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında kuyu taban derinliği 2.200 m iken kuyu içi jeofizik log ölçüsü alınmıştır. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında jeotermal anlamda değerlendirme ve teçhiz planı yapılması için iki kez termik (termik-1, termik-2) ve elektrik log ölçüleri alınmıştır. Sirkülasyonun kesilmesinden 8,5 saat sonra alınan statik su seviyesi termik-1'de 2 metre ve en yüksek sıcaklık 82,46 °C (2.200 m'de) olarak ölçülmüştür. Sirkülasyonun kesilmesinden 37,5 saat sonra alınan termik-2'de ise statik su seviyesi 8 m ölçülmüştür. 2.195 m'de beklemesiz sıcaklık 87,38 °C, 5 dakika bekleme ile 87,05 °C, 10 dakika 87,39 °C ve 15 dakika 87,62 °C ölçülmüştür (Şekil 12).



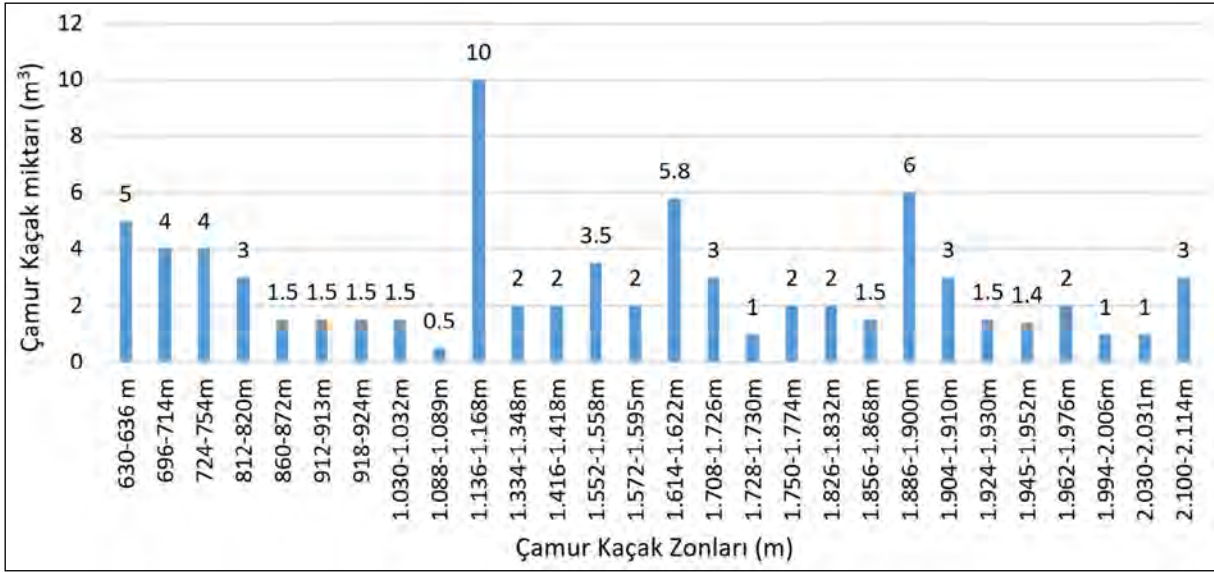
Şekil 9- AMÇ-2016/3 jeotermal sondaj kuyu logu (Özçil vd., 2019).



Şekil 10- a) AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında 1.089,00-1.093,53 metreler arasında alınan karot örneği ve b) 2.198,00-2.200,00 metreler arasında alınan karot örneğine ait bazı parçalar.

Çizelge 2- AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı çamuru giriş ve çıkış sıcaklıkları.

Derinlik (m)	Giriş (°C)	Çıkış (°C)	Derinlik (m)	Giriş (°C)	Çıkış (°C)	Derinlik (m)	Giriş (°C)	Çıkış (°C)	Derinlik (m)	Giriş (°C)	Çıkış (°C)
0	7,7	8,0	558	38,2	39,7	1.080	50,0	50,6	1.674	45,6	48,2
32	28,1	28,3	580	40,5	41,5	1.094	42,2	43,0	1700	45,0	47,4
46	28,1	28,2	600	41,9	43,7	1.146	36,3	38,0	1.730	48,0	49,1
102	26,3	26,7	620	43,1	43,5	1.160	38,5	39,9	1.744	49,8	51,3
112	26,2	26,5	640	44,1	44,8	1.180	42,7	43,3	1.760	48,6	50,9
132	27,4	27,7	660	42,6	43,8	1.200	43,3	44,4	1.802	47,2	49,2
152	27,5	27,7	682	42,0	42,8	1.218	44,8	45,5	1.820	42,2	45,2
168	26,9	27	714	44,1	45,3	1.258	44,2	45,6	1.854	46,4	48,3
200	32,4	32,6	720	44,4	45,9	1.280	48,0	48,9	1.860	48,0	49,3
222	31,9	32,2	740	46,1	46,7	1.300	49,2	49,7	1.880	49,8	51,6
248	33,7	34,2	770	44,7	46,4	1.340	46,9	48,4	1.904	50,4	52,2
260	34,8	35,2	780	45,5	47,2	1.360	45,3	47,0	1.920	49,4	51,4
284	35,2	35,7	800	47,2	48,3	1.380	44,6	46,3	1.952	50,8	52,8
300	36,9	37,4	820	46,6	47,7	1.408	45,9	47,2	1.962	52,1	53,9
320	35,4	35,6	840	46,5	47,7	1.420	48,2	49,5	1.976	50,8	52,9
340	37,1	38,2	860	47,0	48,2	1.434	45,8	47,8	2.000	49,5	52,0
362	36,0	36,7	880	49,9	50,4	1.466	47,2	49,7	2.020	50,4	52,5
380	36,7	37,2	900	49,7	50,7	1.480	50,2	51,4	2.040	49,1	50,5
400	32,3	33,3	920	46,7	46,9	1.498	48,6	50,4	2066	45,2	47,3
420	35,6	36,3	940	48,6	49,6	1.514	49,5	51,0	2.080	46,5	48,4
440	35,1	35,8	960	48,3	49,3	1.546	49,2	50,9	2.198	49,0	50,6
460	37,3	37,9	980	48,3	49,4	1.560	50,7	52,0	2.122	47,5	49,9
480	39,8	40,1	1.000	47,9	48,8	1.580	52,0	53,2	2.140	47,8	50,0
500	48,3	49,5	1.020	39,5	40,2	1.610	48,9	50,3	2.158	47,4	49,7
520	30,9	31,7	1.040	43,9	46,1	1.620	49,7	51,2	2.176	52,0	53,7
540	34,1	35,9	1.060	48,6	49,7	1.636	44,8	47,2	2.194	48,4	50,3



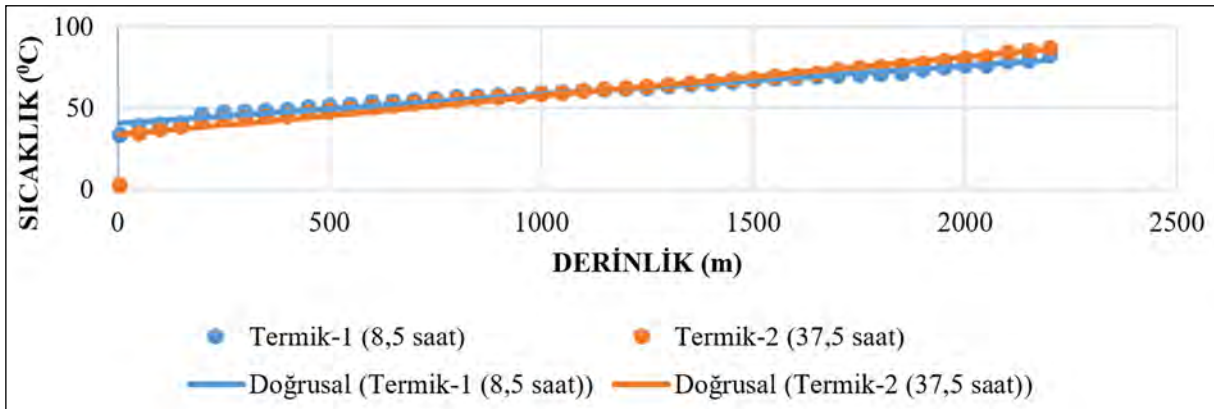
Şekil 11- AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı kısmi çamur kaçak zon ve miktarları.

3.2.3. AMÇ-2016/3 Sondajı Üretim, Kuyu Geliştirme ve Test Çalışmaları

AMÇ-2016/3 sondajı teçhiz edildikten sonra artezyenik üretime geçmiş ve 13 saat üretim yapılarak 1,8 l/sn. debi ve 46 °C sıcaklıkta akışkan elde edilmiştir. Kompresörlü üretimde ise 56 °C ve 2 l/sn. olarak ölçülmüştür. AMÇ-2016/3 sondajında 2.189 metrede 87,65 °C statik sıcaklık, 2.189 metrede 218,13 bar statik basınç ölçülmüş ve rezervuar seviyeleri 1.100-1.200 ile 1.550-1.575 metreler arası olarak tespit edilmiştir. Water loss ve warm up ölçülerine göre de 1.150 ve 1.450 seviyeleri geçirgenliklerin yüksek olduğu kaydedilmiştir (Şekil 13, Çizelge 3).

AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında kuyuya asit basılarak formasyona enjeksiyon gerçekleştirilmiştir. Asitleme sonrası üretim çalışmalarına ait bir fotoğraf Şekil 13' te verilmiştir. Kuyuya su basma işleminde enjektivite endeksinin asitleme sonrası dört kat arttığı gözlenmiştir. AMÇ-2016/3 sondajında elde edilen verilere göre dinamik sıcaklık 2.150 metrede 87,14 °C, üretim yapılan 1.450 metrede ise 70,94 °C, produktivite endeksi $PI = 4,16$ t/sa./bar olarak hesaplanmıştır.

Asitleme öncesi ve sonrasında water loss testleri karşılaştırıldığında geçirgenliğin yaklaşık dört kat arttığı görülmüştür (Şekil 14a, 14b, Çizelge 4).



Şekil 12- AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı kuyu içi jeofizik log termik-1, termik-2 ölçüleri grafiği.



Şekil 13- AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı asitleme sonrası üretim çalışmaları.

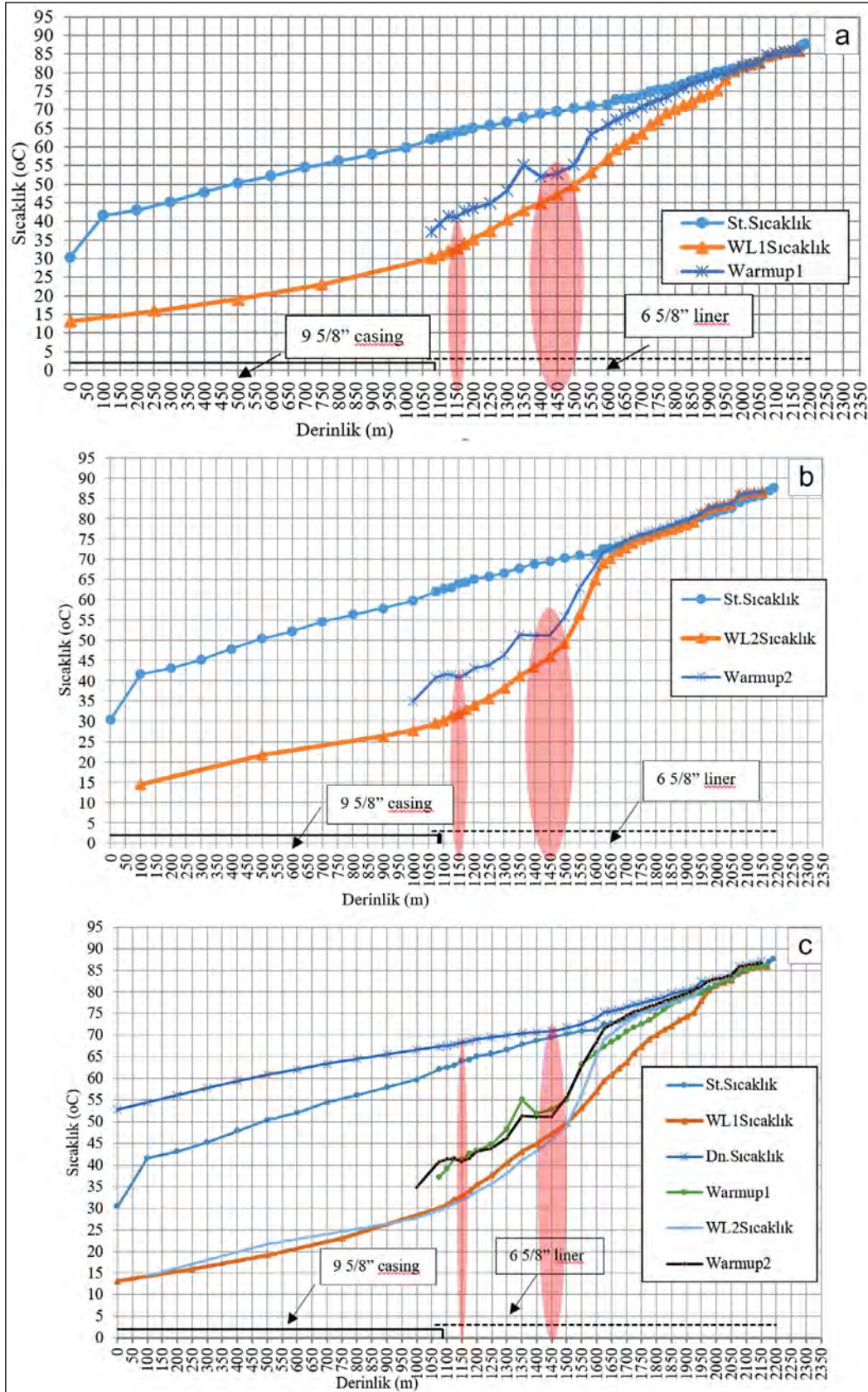
Kuyuda enjektivite endeksi 0,36 t/sa./bar değerinden 1,45 t/sa./bar değerine yükselmiştir. Kuyuda üretim seviyeleri (1.150 m ve 1.450 m) değişmemiştir (Şekil 14c). Asitleme öncesi akışkanın EC'si 5.109 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tuzluluğu 1,79 ppt, TDS değeri 2.374 mg/l ve pH ise 7,13 olarak ölçülmüştür.

3.3. Hidrojeokimya ve İzotop Çalışmaları

Çalışma alanında suların sınıflaması, suların sondajın suyu ile çevre kaynak ve kuyulardan alınan sularının kökenlerinin karşılaştırılması, kalsiyum değerlerine göre kireçlendirici veya kabuk yapıcı özelliklerinin belirlenmesi, maksimum rezervuar sıcaklığı tahmini, beslenme yüksekliği ve suların yaşı hakkında bilgi elde edebilmek için çevredeki 20 adet kaynak, keson kuyu ve AMÇ-2016/3 sondajına ait akışkanın kimyasal örnekler alınarak analizleri yapılmıştır (Çizelge 5). AMÇ-2016/3 jeotermal sondajından alınan akışkan ve 4 adet numunenin izotop analizleri yaptırılarak birlikte değerlendirilmiştir.

Çizelge 3 - AMÇ-2016/3 sondajı waterloss-1 ve warm up-1 testlerine ait sıcaklık değerleri.

Derinlik (m)	Water loss-1 (°C)	Warm up-1 (°C)	Derinlik (m)	Water loss-1 (°C)	Warm up-1 (°C)
0	13,20	-	1.700	63,67	70,81
250	15,85	-	1.725	65,87	71,75
500	19,08	-	1.750	67,32	72,53
750	22,98	-	1.775	69,01	73,40
1.075	30,04	37,19	1.800	70,08	74,59
1.100	30,85	39,17	1.825	71,23	75,96
1.125	31,94	41,44	1.850	72,11	77,01
1.150	32,81	41,19	1.875	73,34	77,82
1.175	33,96	42,69	1.900	74,26	78,62
1.200	35,35	43,45	1.925	75,26	79,24
1.250	37,50	44,80	1.950	77,92	79,61
1.300	40,45	48,21	1.975	80,31	80,54
1.350	43,02	55,15	2.000	81,54	81,63
1.400	44,88	51,90	2.025	82,25	82,22
1.450	47,15	52,81	2.050	82,67	82,69
1.500	49,67	55,10	2.075	84,58	84,62
1.550	53,19	63,39	2.100	85,12	85,16
1.600	56,95	65,91	2.125	85,55	85,56
1.625	59,43	67,40	2.150	85,85	85,86
1.650	60,76	68,50	2.170	85,96	86,01
1.675	62,35	69,50			



Şekil 14- a) AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı asitleme öncesi waterloss-1 ve warmup-1 testlerine ait grafik. b) Asitleme sonrası waterloss-2 ve warmup-2 testlerine ait grafik. c) Tüm sıcaklık eğrilerini gösterir grafik.

Çizelge 4- AMÇ-2016/3 sondajı asitleme sonrası water loss-2 ve warm up-2 testlerine ait değerler.

Derinlik (m)	water loss-2 (°C)	warm up-2 (°C)	Derinlik (m)	water loss-2 (°C)	warm up-2 (°C)	Derinlik (m)	water loss-2 (°C)	warm up-2 (°C)
1.000	27,82	34,93	1.550	56,31	62,90	1.900	78,46	79,69
1.075	29,58	40,74	1.600	64,95	68,38	1.925	79,00	80,41
1.100	30,23	41,34	1.625	69,12	71,51	1.950	81,32	81,33
1.125	31,15	41,47	1.650	70,24	72,49	1.975	82,59	82,58
1.150	31,81	40,79	1.675	71,76	73,46	2.000	83,02	82,99
1.175	32,79	41,53	1.700	72,86	74,46	2.025	83,34	83,35
1.200	33,89	43,03	1.725	73,92	75,38	2.050	83,72	83,73
1.250	35,61	43,80	1.750	74,96	75,87	2.075	85,82	85,74
1.300	38,12	46,21	1.775	75,59	76,59	2.100	86,21	86,17
1.350	41,14	51,25	1.800	76,35	77,14	2.125	86,47	86,43
1.400	43,30	51,08	1.825	76,82	77,81	2.150	86,62	86,67
1.450	45,89	51,12	1.850	77,33	78,45			
1.500	49,24	55,63	1.875	77,92	79,03			

Bu numunelerin sıcaklıkları 14,3 °C - 24,4 °C arasında, elektriksel iletkenlikleri ise 126-2.970 μ S/cm arasında değişmektedir. AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusu ise 56 °C, 2,16 ppt tuzluluk ve 5.350 μ S/cm EC değeri ölçülmüştür.

Back (1960, 1961), “jeolojik fasiyes” kavramından esinlenerek, yeraltı sularının hidrojeolojik sistem içerisinde geçirdikleri jeokimyasal süreçler sonucunda sahip olduğu kimyasal bileşim için “hidrokimyasal fasiyesi” kavramını ortaya atmıştır. Hidrokimyasal fasiyesi etkileyen süreçler su-kayaç etkileşimi, deniz suyu karışım süreçleri ve jeotermal sistemlerdeki major katyon takas iyon bileşimlerinin değişmesi şeklinde olur. Örneklenen sular Ca+Mg, Na+K, HCO₃+CO₃ ve Cl+SO₄ iyon çiftlerinin meq/l toplam derişim bağıl oranlarına göre hidrokimyasal fasiyes türleri (Back,1961) sınıflamasına göre belirlenip, Çizelge 5’te verilmiştir. Piper diyagramı üzerinde numunelerin hidrokimyasal fasiyes tipleri gösterilmiştir. Kaynak, keson kuyu ve jeotermal sondaj (AMÇ-2016/3) suyu örnekleri 7 farklı hidrokimyasal fasiyes grubunda gösterilmiştir. Piper diagramının solunda düşük iyon içeriğine sahip karbonatlı sular fasiyesindeki sular bulunmaktadır. Bu suların EC değerleri 126-1.008 iS/cm arasında değişmektedir. Piper diagramında orta kesimde bulunan evaporit çözünme süreçlerinin etkili olduğu M05-20 no.lu örnek Na+Ca-HCO₃+Cl+SO₄ fasiyesindeki su daha yüksek iyonik derişime sahip olup jips, anhidrit gibi minerallerin çözünme sürecini

yanıtır. M05-23 no.lu numune ise silikatlı kayalardan minerallerin çözünmesi fasiyesine işaret etmektedir. Piper diyagramında sağ tarafta jeotermal sular kısmında bulunan AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı ise Na bakımından zengin Mg ve Ca derişimleri bakımından daha düşük olan Na+K-Cl+SO₄+HCO₃ hidrokimyasal fasiyesindeki yüksek rezervuar sıcaklığı koşullarını yanıtmaktadır (Şekil 15).

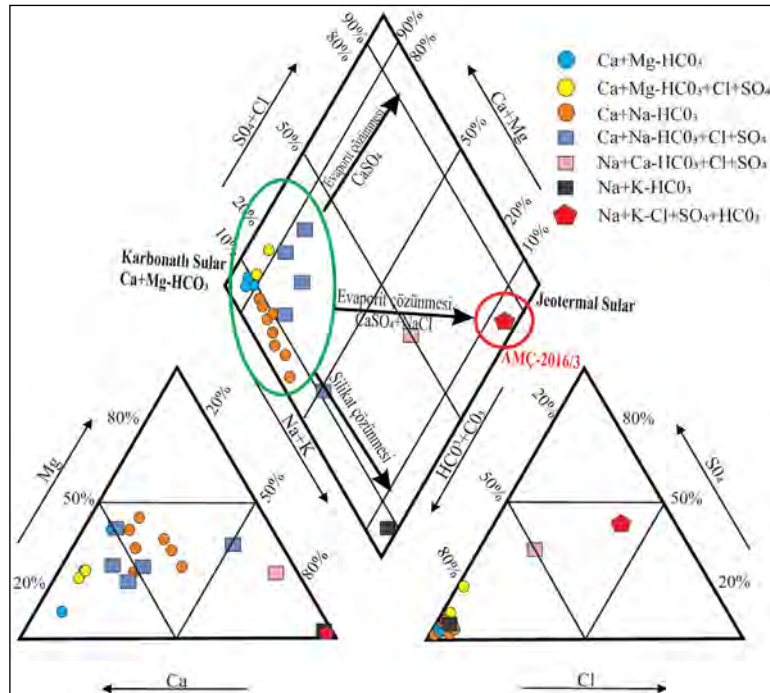
Langelier-Ludwing (1942) diyagramına göre soğuk güncel sulardan jeotermal sulara doğru karışım suları M05-20, M05-21 bulunmaktadır (Şekil 16a). Kaynak ve jeotermal kuyulara ait sular Cl-SO₄-HCO₃ üçgen diyagrama Giggenbach (1991) yerleştirilerek suların dağılımının üç bölümde olduğu görülmüştür. Güncel soğuk sulardan jeotermal sondaj sularına doğru bir karışımın olduğu görülmektedir (Şekil 16b).

Yarı logaritmik Schoeller (1967) kökensellik diyagramına göre sahadan alınan M05-20 ve M05-21 numunelerine ait sularda katyonlar $r(Na^{+}+K^{+}) > rMg^{++} > rCa^{++}$, anyonlar $r(HCO_{3}^{-}+CO_{3}^{--}) > rSO_{4}^{-} > rCl^{-}$; AMÇ-2016/3 sondajına ait suda ise katyonlar $r(Na^{+}+K^{+}) > rCa^{++} > rMg^{++}$, anyonlar $rSO_{4}^{-} > rCl^{-} > r(HCO_{3}^{-}+CO_{3}^{--})$ dizilimindedir. Yarı logaritmik Schoeller diyagramı incelendiğinde kaynaklardan alınan tüm suların köken olarak benzer özellikler sergileyen sular olduğu görülmektedir. M05-20 ve M05-21 no.lu örnekler birbiri ile aynı trendi sergilemektedir. M05-23 no.lu keson kuyu numunesi ve AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı suyunun kökenlerinin

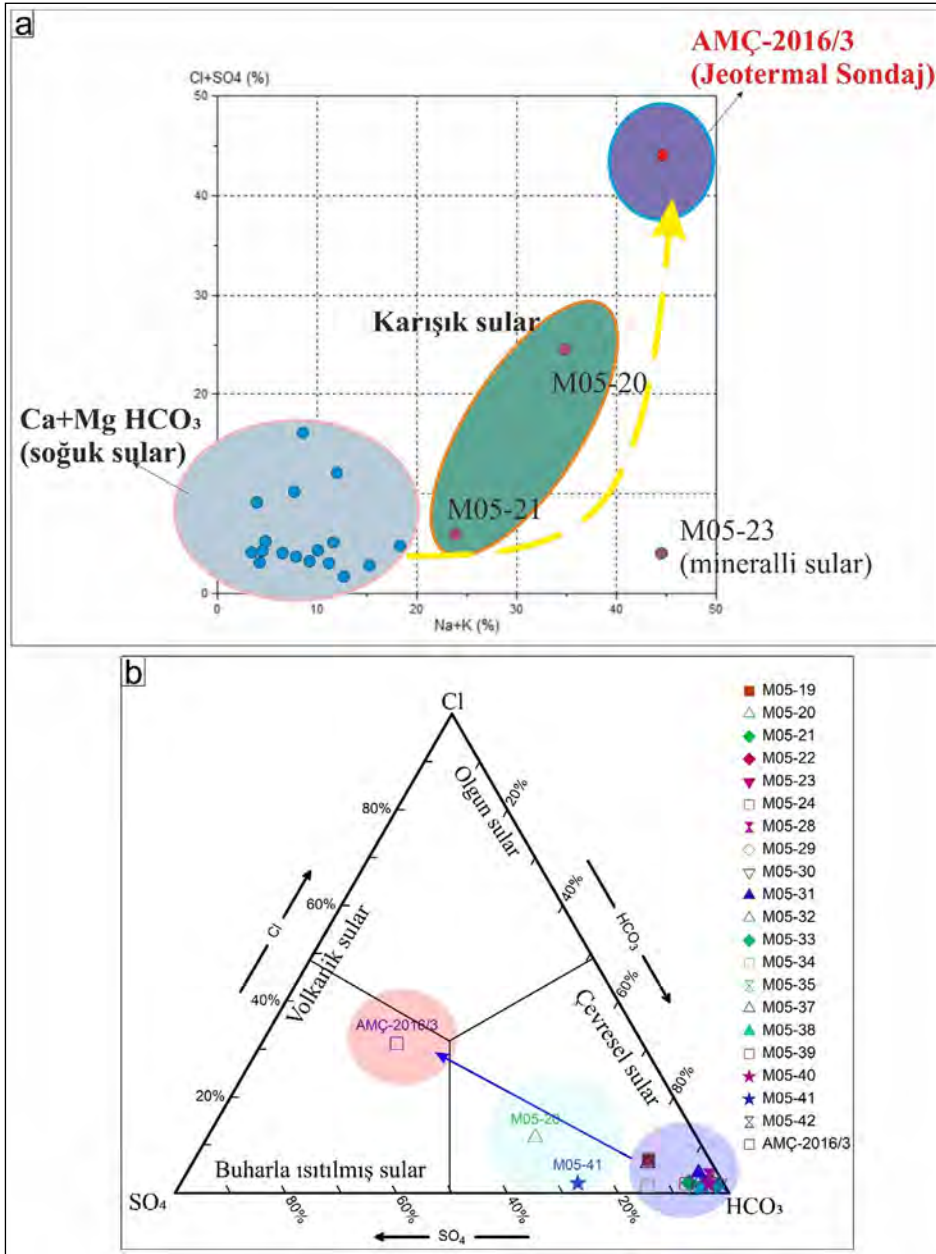
Çizelge 5- AMÇ-2016/3 sondajı ve civarında örneklenen su numuneleri ile özellikleri (MTA MAT Dairesi analiz test raporu 2016, Volkan Babacan ve Gülelendam Günendi).

	Tip	T (°C)	pH	EC (µS/cm)	Tuzluluk (ppt)	K	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻	Fasiyes Tipi (Back, 1961)
M05-19	k	18,4	7,5	842	0,4	10,20	49,50	110,0	24,90	466,00	62,7	39,5	Ca+Na-HCO ₃ +Cl+SO ₄
M05-20	k	19,7	7,8	2.970	1,6	15,60	569,0	50,20	105,0	1124,0	552	220	Na+Ca-HCO ₃ +Cl+SO ₄
M05-21	k	16,1	7,9	875	0,5	2,28	120,0	32,80	42,10	604,00	40,5	14,1	Ca+Na-HCO ₃ +Cl+SO ₄
M05-22	k	21,9	7,6	723	0,4	1,58	32,60	68,30	46,50	514,00	22,4	7,36	Ca+Na-HCO ₃
M05-23	K*	18,8	8,3	1.698	0,8	2,89	373,0	4,25	1,44	933,00	28,3	27,4	Na+K-HCO ₃
M05-24	k	24,4	7,4	536	0,3	2,92	30,90	70,00	19,90	377,00	8,02	14,8	Ca+Na-HCO ₃
M05-28	k	17,8	7,8	363	0,2	4,13	12,80	39,80	21,30	269,00	5	9,71	Ca+Na-HCO ₃
M05-29	k	21,8	7,2	240	0,1	4,57	10,70	26,30	11,20	170,00	2,22	5,02	Ca+Na-HCO ₃
M05-30	k	18,3	7,5	126	0,1	2,33	9,28	10,10	5,59	83,7	1,79	2	Ca+Na-HCO ₃
M05-31	k	15,5	7,1	207	0,1	2,83	11,80	22,80	7,13	126,00	4,58	5,72	Ca+Na-HCO ₃ +Cl+SO ₄
M05-32	k	14,3	7,5	654	0,3	0,05	16,70	78,90	39,10	441,00	20,1	10,4	Ca+Mg-HCO ₃
M05-33	k	16,6	7,3	252	0,1	3,42	17,10	21,80	12,80	191,00	2,96	2,74	Ca+Na-HCO ₃
M05-34	k	21,5	7,3	715	0,4	3,27	15,00	135,0	24,80	461,00	76,1	7,54	Ca+Mg-HCO ₃ +Cl+SO ₄
M05-35	k	20,6	7,3	575	0,3	1,35	11,20	98,40	22,20	389,00	24,7	4,35	Ca+Na-HCO ₃
M05-37	k	21,9	7,3	930	0,5	7,26	32,80	150,0	31,30	472,00	66,4	35,6	Ca+Na-HCO ₃ +Cl+SO ₄
M05-38	k	18	7,9	488	0,3	2,70	10,30	100,0	7,12	331,00	15,5	3,55	Ca+Mg-HCO ₃
M05-39	k	20,3	8,2	687	0,4	1,00	17,40	121,0	25,90	440,00	32,6	9,26	Ca+Mg-HCO ₃ +Cl+SO ₄
M05-40	k	19,1	7,4	179	0,1	4,12	9,41	21,60	5,79	129,00	3,7	2,45	Ca+Na-HCO ₃
M05-41	k	15,6	7,4	1.008	0,5	20,10	36,80	146,0	40,80	486,00	178	13,7	Ca+Na-HCO ₃ +Cl+SO ₄
M05-42	k	18,6	7,6	600	0,3	3,00	63,60	51,80	22,90	423,00	25,4	6,23	Ca+Na-HCO ₃
AMÇ-2016/3	J.S	56	7,6	5.350	2,16	8,7	1246	33,1	8,26	677	1229	864	Na+K-Cl+SO₄+HCO₃

k:kaynak, K*:Keson kuyu, J.S : Jeotermal Sondaj



Şekil 15- AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ve değerlendirmelerde kullanılan diğer su örneklerine ait Piper (1944) diyagramı.

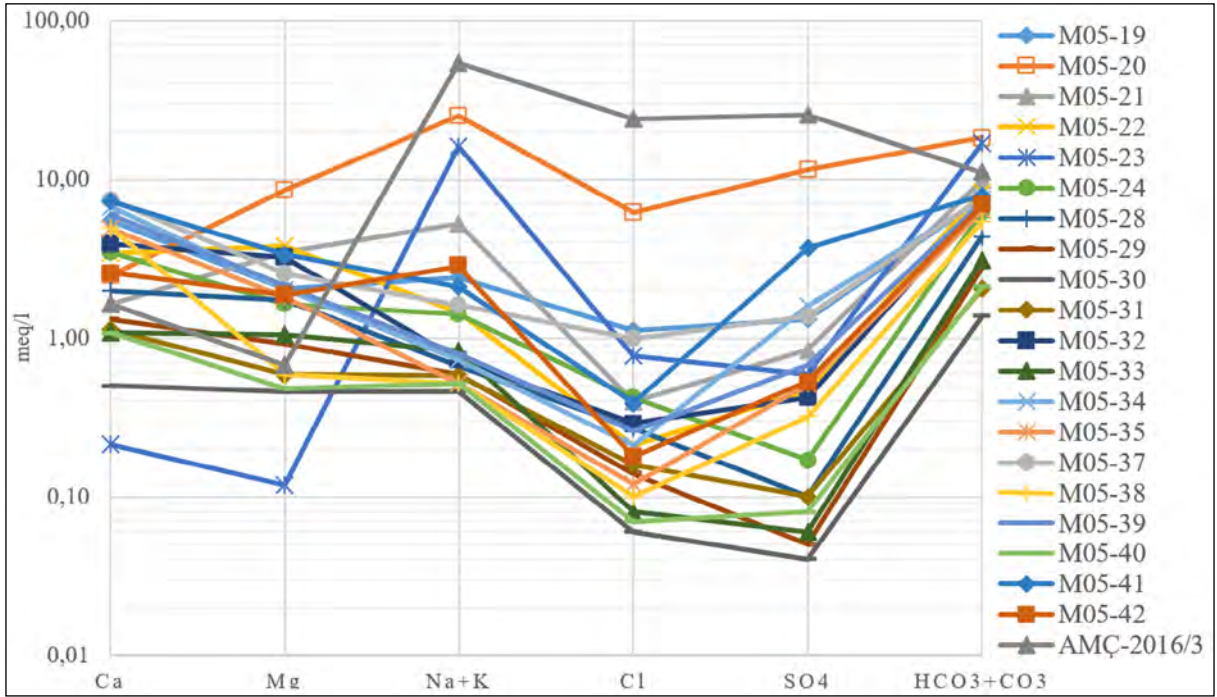


Şekil 16- AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ve değerlendirmelerde kullanılan diğer su örneklerine ait a) Langelier Ludwing (1942) diyagramı ve b) Cl-SO₄-HCO₃ üçgen diyagramı (Giggenbach, 1991).

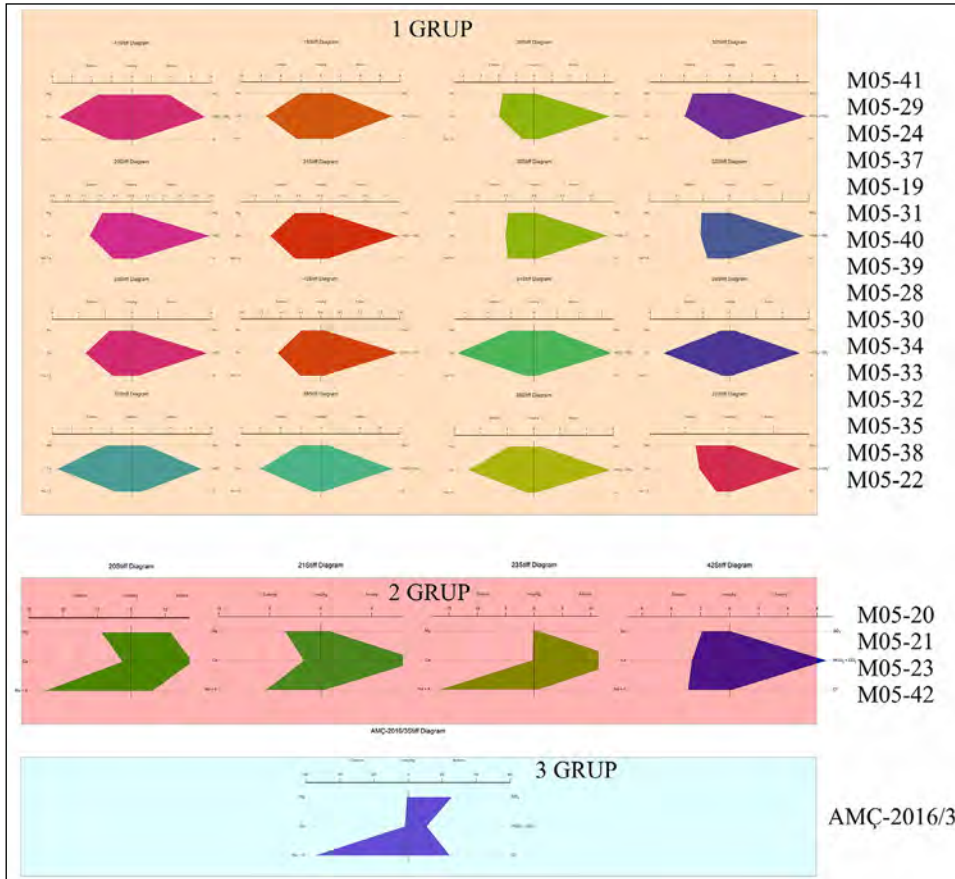
ise birbirine yakın olduğu mineral dizilim trendinden görülmektedir (Şekil 17).

Stiff(1951) diyagramlarına göre 1. Grup örneklerin çoğunluğu katyon fasiyesi Ca tipi, anyon fasiyesi HCO_3 tipi olarak sınıflandırılmaktadır. Bununla birlikte, 2 grup örneklerde ise Mg ve Na+K katyon fasiyesine doğru iyon değişimi söz konusudur. M05-20, M05-21, M05-42 no.lu örneklerde nispeten jeotermal etki bulunup, jeotermal akışkan taşıyan tektonik hatlar

üzerinde bulunmaları ile iyon değişim süreçlerinin olduğu söylenebilir. Bu grup içerisindeki M05-23 no.lu jeotermal sondaja ait numune ise çözünme (su kayaç etkileşimi) ile iyon değişim ve TDS ile EC'deki artışlar etkili süreçlerdir. AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal sondaja ait akışkanın numunesi katyon fasiyesi Na+K, anyon ise Cl ve SO_4 fasiyesindedir. AMÇ-2016/3 örneğindeki iyon değişiminin çözünme (su kayaç etkileşimi) ile ilgili süreç olduğunu göstermektedir (Şekil 18).



Şekil 17- AMÇ-2016/3 sondajı ve değerlendirmelerde kullanılan örneklere ait yarı logaritmik Schoeller (1967) diyagramı.



Şekil 18- AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ve değerlendirmelerde kullanılan diğer su örneklerine ait Stiff (1951) diyagramı.

Durov (1948) diyagramı hidrojeokimyasal süreçlere ışık tutmak için kullanılmaktadır. Genelde katyon üçgeninde örnekler Ca ve karışım tipi alanında yer alırken, anyon üçgeninde HCO₃ alanında kümelenmiştir. AMÇ-2016/3, M05-20, M05-21, M05-23 no.lu örnekler ise katyon üçgeninde Na tipi sular bölümünde yer almaktadır. Genel olarak ters iyon değiştirme işlemi çalışma alanındaki su kimyasını kontrol etmektedir (Şekil 19).

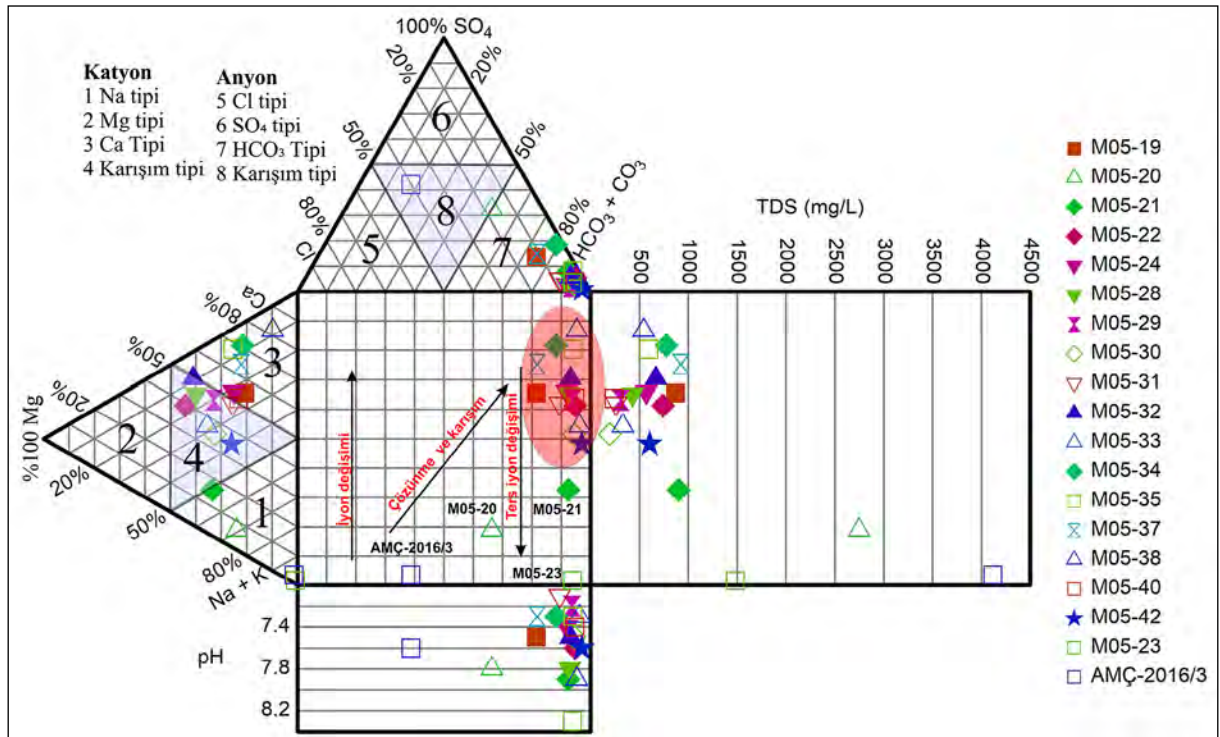
3.3.1. Suların Mineral Doygunlukları

Çalışma alanında örneklenen suların, dolomit, anhidrit, kalsit, aragonit ve jips minerallerine göre doygunluk analizleri PHREEQC programı ile yapılmıştır. Bu diyagrama göre tüm numuneler jips ile anhidrite göre doygun değildir (çözündürücü), M05-(19,20,21,22,23,24,28,32,34,35,37,38,41,42) no.lu örnekler kalsit, aragonit ve dolomite göre aşırı doygun (çöktürücü). M05-(29,30,31,33,40) no.lu örnekleri ise ilgili minerallere göre doygun değildir. M05-39 örneği aragonitle dengede, dolomit ve kalsite doygun (çözündürücü). AMÇ-2016/3 sondajına ait akışkan numunesi ise tüm minerallere göre doygun değildir (Şekil 20).

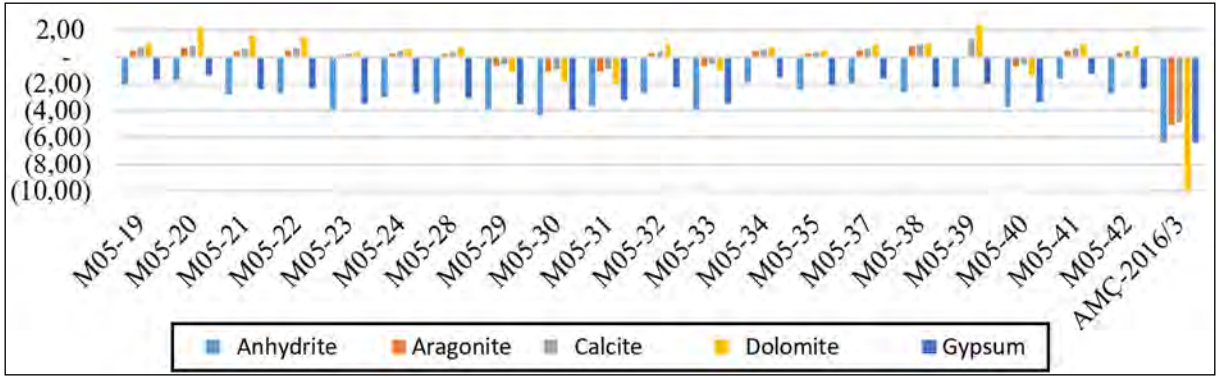
3.3.2. Jeotermometre Hesapları

Çalışma alanı ve çevresinde yüzeyleyen kaynak sularından alınan numunelerin kimyasal bileşimleri jeotermal akışkanın rezervuar koşullarındaki sıcaklığını tahmin etmede kullanılmaktadır. Yüzeide bulunan kaynaklar, derinlerden yüzeye doğru çıkarken üst zonlardaki kimyasal bileşimi farklı ve daha soğuk akiferlerle farklı oranlarda karışmaktadır. Bu koşulları düşünerek mineral dengelerini ve SiO₂ miktarına bağlı bazı ampirik formüller türetilerek rezervuar koşullarındaki akışkanın muhtemel sıcaklığı hakkında yaklaşımlar yapılmıştır. Suların kimyasal jeotermometrelere uygunluğu için Na-K-Mg üçlü-denge diagramında (Giggenbach, 1988) kullanılmıştır (Şekil 21). Bu diyagrama göre üç bölüm ayırtlanmıştır. Bunlar dengedeki sular, kısmen dengede olan sular ve olgun olmayan sular şeklindedir. M05-23 no.lu kuyu ve AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusundan alınan su örnekleri kısmen dengede olan sular alanında yer almaktadır. Bu sular için Na-K, K-Mg, Na-K-Ca tepkimelerine dayalı katyon jeotermometreleri uygulanmıştır.

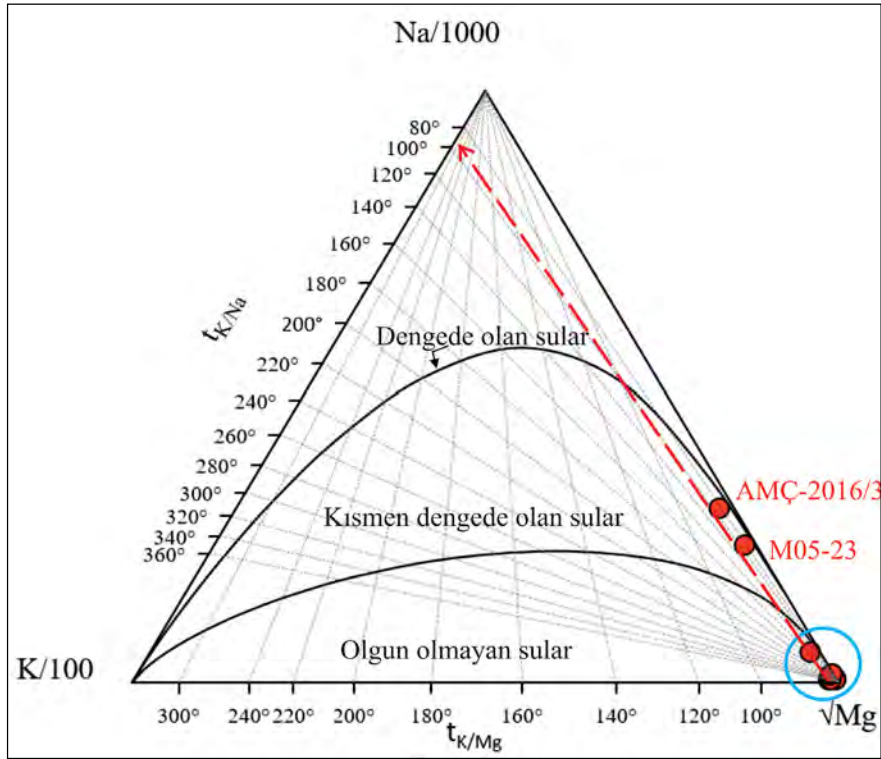
Kimyasal tepkimenin dengede olmadığı diğer numuneler ise olgun olmayan sular kısmında yer aldığı için silis jeotermometrelerinin uygulanması doğru olacaktır.



Şekil 19- AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ve değerlendirmelerde kullanılan diğer su örneklerine ait Durov (1948) diyagramı.



Şekil 20- Çalışma alanındaki örneklenen sulara ait doygunluk analizi.



Şekil 21- AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ve değerlendirmelerde kullanılan diğer su örneklerine ait Giggenbach (1988) diyagramı.

KAFZ boyunca jeotermal sahalardaki sulara uygulanan kimyasal jeotermometrelere göre muhtemel rezervuar sıcaklıkları 110 °C civarı hesaplanmıştır (Mutlu ve Güleç, 1998). Kısmen denge durumunda olan su noktaları için katyon jeotermometre eşitlikleri uygulanmıştır. AMÇ-2016/3 sondajı kuyu taban sıcaklığı 87.5 °C olmasına karşın Na/K jeotermometreleri 61-82 °C aralığında, M05-23 numunesi için uygulanan jeotermometreler ise 66-87 °C aralığında sıcaklıklar türetmiştir. K-Mg jeotermometresi ise 42-66 °C aralığında değerler

türeterek AMÇ-2016/3 jeotermal akışkanın kuyu taban sıcaklığından düşük kalmıştır. Na-K-Ca jeotermometresinde AMÇ-2016/3 için 92 °C ve M05-23 numunesi için ise 90 °C türetmiş ve kuyu tabanına en yakın sıcaklık değerleridir (Fournier ve Truesdell, 1973). Yapılan jeotermometre hesaplamalarına göre K-Mg ile Na-K jeotermometrelerinde hesaplanan sıcaklıklar kuyu taban sıcaklığından daha düşük olması nedeniyle bu katyon jeotermometreleri güvenilir kabul edilmemiştir. Na-K-Mg diyagramında, olgun olmayan

suların kümelendiği noktadan M05-23 ile AMÇ-2016/3 jeotermal sondaj suyuna çizilen doğrusal hattın yaklaşık 100 °C'lik denge noktasına doğru bir yönelim sergiler. Jeotermal sistemin muhtemel rezervuar sıcaklığının 100 °C ve civarı olabileceği düşünülmektedir (Şekil 21, Çizelge 6).

Giggenbach diyagramında olgun olmayan sular bölümünde yer alan numuneler için silis jeotermometreleri uygulanmıştır. Bu uygulamalara göre yapılan değerlendirmede Kuvars 70-129 °C, Kuvars (buhar kaybı) 73-125 °C, Kalsedon 47-101 °C arasında sıcaklıklar türetmiştir (Fournier, 1977). Ayrıca kuvars (buhar kaybı) 72-124 °C arasında sıcaklıklar türetmiştir (Arnórsson vd., 1983). Bu değerlendirmelere göre kalsedon jeotermometresinde türetilen ortalama sıcaklıklar kuyu taban sıcaklığına göre düşük kaldığı için dikkate alınmıştır. Kuvars ve kuvars (buhar kaybı) jeotermometresinde elde edilen ortalama 95-100 °C sıcaklıklar ise daha kabul edilebilirdir (Çizelge 7).

3.3.3. Çalışma Alanında Örneklenen Suların Çevresel İzotop Analizleri ve Değerlendirmeleri

Havzanın hidrodinamik yapısının ortaya konması için AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ait akışkandan

ve M05-20, M05-23, M05-30, M05-33 no.lu örneklerden (Öziçli vd., 2019) izotop analizi ($\delta^{18}\text{O}$, δD , ^3H) amaçlı kurak döneme ait numuneler alınmıştır (Çizelge 8).

Suların olası beslenme yüksekliklerinin, su-kayaç etkileşimlerinin ve suların kökenselliğinin saptanması amacıyla duraylı izotoplardan döteryum ve oksijen-18'den, bağlı yaş, geçiş süreleri ve yeraltı suyunun akiferde kalış ve yenilenme süresinin belirlenmesi amacıyla da trityumdan faydalanılmaktadır. Yağışlardaki duraylı izotoplardan ($\delta^{18}\text{O}$ ve δD) alınan su örneklerinde, Dünya Meteorik Doğrusu: $\delta\text{D} = 8 \times \delta^{18}\text{O} + 10$ (Craig, 1961) ve Sinop Meteorik Doğrusu: $\delta\text{D} = 8 \times \delta^{18}\text{O} + 16,41$ (Dilaver, 2018) ilişkileri tanımlanmıştır. Çalışma alanı ve çevresinden alınan izotop örneklerine bakıldığında dünya meteorik su çizgisi ile Sinop meteorik doğrusu arasında ve Sinop meteorik doğrusunun yakınında yer almaktadır. Çalışma alanından alınan örneklerden M05-20 ve M05-23, M05-30 ve M05-33 no.lu örnekler meteorik kökenli sulardır. Oksijen-18 zenginleşmesi (jeotermal sapma) sıcaklık ve etkileşim süreci, rezervuar kayaç mineralojisine bağlı olup karbonatlı rezervuarlarda gözlenmektedir (Truesdell ve Hulston, 1980). Tassi vd. (2006)'de gösterildiği gibi, AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına ait jeotermal

Çizelge 6- Katyon jeotermometreleri ile muhtemel rezervuar sıcaklıkları (°C).

Numune Adı	Na-K ¹	Na-K ²	Na-K ³	Na-K-Ca ⁴	K-Mg ³
AMÇ-2016/3	69	61	82	90	66
M05-23	73	66	87	92	42

(¹Arnórsson vd.,1983; ²Fournier, 1979; ³Giggenbach, 1988; ⁴Fournier ve Truesdell, 1973)

Çizelge 7 - Silis jeotermometreleri muhtemel rezervuar sıcaklıkları (°C).

	Kuvars ⁵	Kuvars (buhar kaybı) ⁵	Kalsedon ⁵	Kuvars (buhar kaybı) ⁶		Kuvars ⁵	Kuvars (buhar kaybı) ⁵	Kalsedon ⁵	Kuvars (buhar kaybı) ⁶
M05-19	110	110	81	109	M05-33	124	121	95	120
M05-20	94	95	63	94	M05-34	107	107	77	105
M05-21	79	83	47	81	M05-35	73	77	42	76
M05-22	79	83	47	81	M05-37	103	103	73	102
M05-24	95	96	64	95	M05-38	109	109	79	107
M05-28	113	112	84	111	M05-39	99	101	70	99
M05-30	129	125	101	124	M05-40	115	114	85	112
M05-31	126	123	98	122	M05-41	68	73	35	72
M05-32	70	75	38	73	M05-42	82	85	50	84

(⁵Fournier, 1977), (⁶Arnórsson vd.,1983)

Çizelge 8-AMÇ-2016/3 jeotermal sondajna ait su örneği ve değerlendirmelerde kullanılan diğer sulara ait trityum (TU), oksijen-18 ($\delta^{18}\text{O}$) ve döteryum (δD) analiz sonuçları.

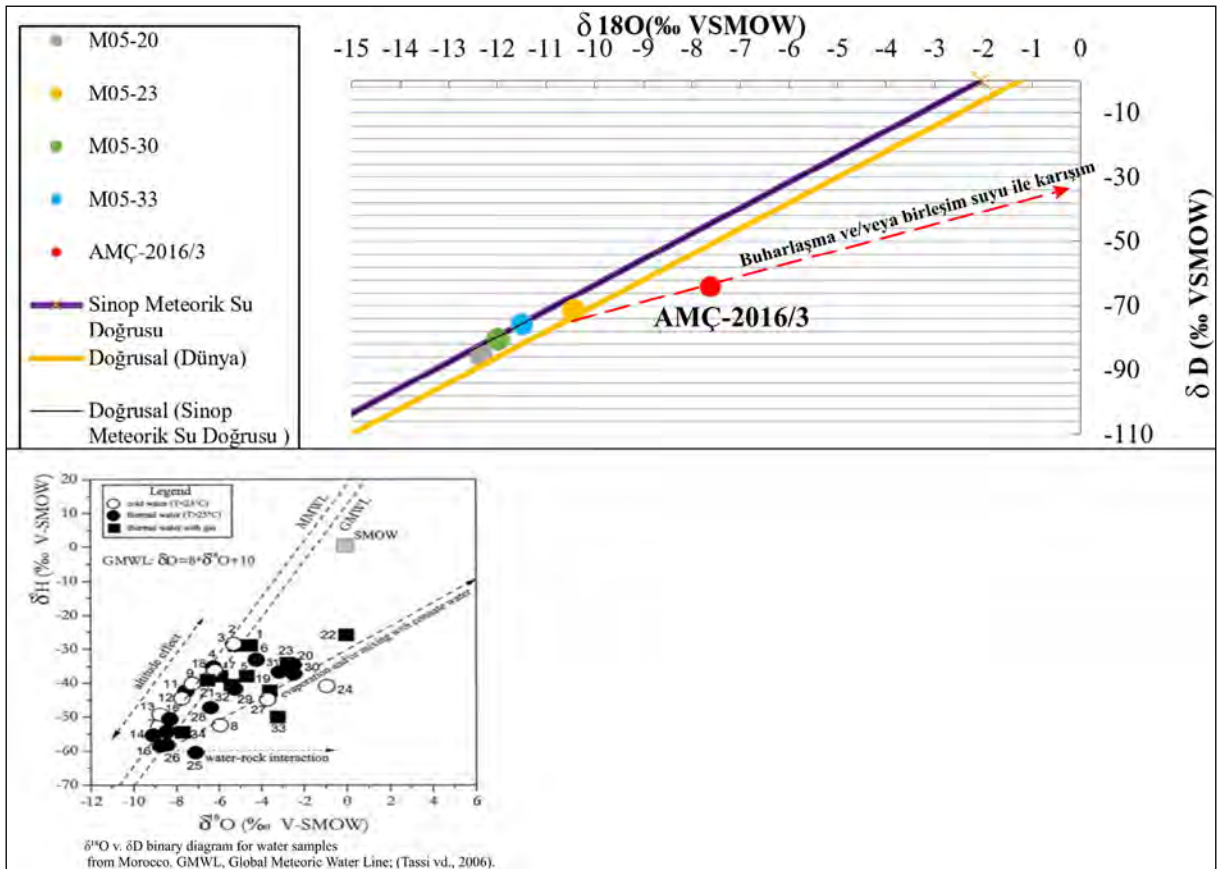
Örnek Adı	TU	d18O	dD	Y	X	H (m)	Pafta	EC ($\mu\text{S/cm}$)	SiO ₂ (mg/l)	Cl (mg/l)
M05-20	0,46	-12,34	-85,89	718329	4527893	574	G35-a4	2.970	41,7	220
M05-23	4,26	-10,43	-71,65	715360	4531266	809	G35-a1	1.698	41,6	27,4
M05-30	0	-11,99	-80,47	715610	4533340	948	G35-a1	126	85,2	2
M05-33	0,07	-11,49	-75,75	713187	4536189	1.030	G35-a1	252	77,7	2,74
AMÇ-2016/3	0	-7,63	-64,07	714365	4529383	651	G35-a1	5.350	32,7	864

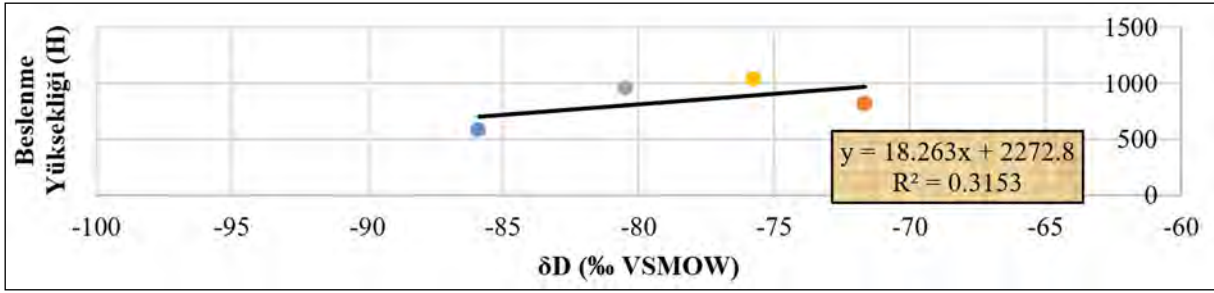
su numunesinde de buharlaşma ve birleşim suyu ile karışımı temsil ettiği söylenebilir (Şekil 22).

Yeraltı sularında döteryum içeriği yüksekliğe bağlı olarak değişim gösteren bir parametredir. Deniz seviyesinde döteryum içeriği sıfıra yakın iken, yüksek kotlarda döteryum içeriği yüksek değerlere ulaşmaktadır (Clark ve Fritz, 1997). Çalışma alanında izotop analizi yapılan sulardan M05-20, M05-23, M05-30 ve M05-33 no.lu örnekler için döteryum içerikleri, kaynak çıkış kotuna karşılık işaretlenmiş ve "Döteryum = 18,263 (yükseklik) + 2.272,8"

eğilim eğrisi belirlenmiştir (Şekil 23). Gözlem noktaları sadece yağıştan beslenmeleri ve sığ bir dolaşım ile kısa sürede boşalım yaptıkları göz önünde bulundurulmuştur. Beslenim, sondajın kuzeybatısında bulunan Tavşandağı'nın yaklaşık 1.104 metredeki kottan olmaktadır.

Değerlendirmelerde logCl- $\delta^{18}\text{O}$ grafiğinde sığ yeraltı sularından AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına doğru karışım çizgisi görülmektedir. Karışım çizgisi üzerinde M05-23 no.lu numune bulunmaktadır (Şekil 24).

Şekil 22- AMÇ-2016/3 sondajına ait su örneği ve değerlendirmelerde kullanılan diğer sulara ait oksijen 18 ($\delta^{18}\text{O}$) ve döteryum (δD) grafiği.

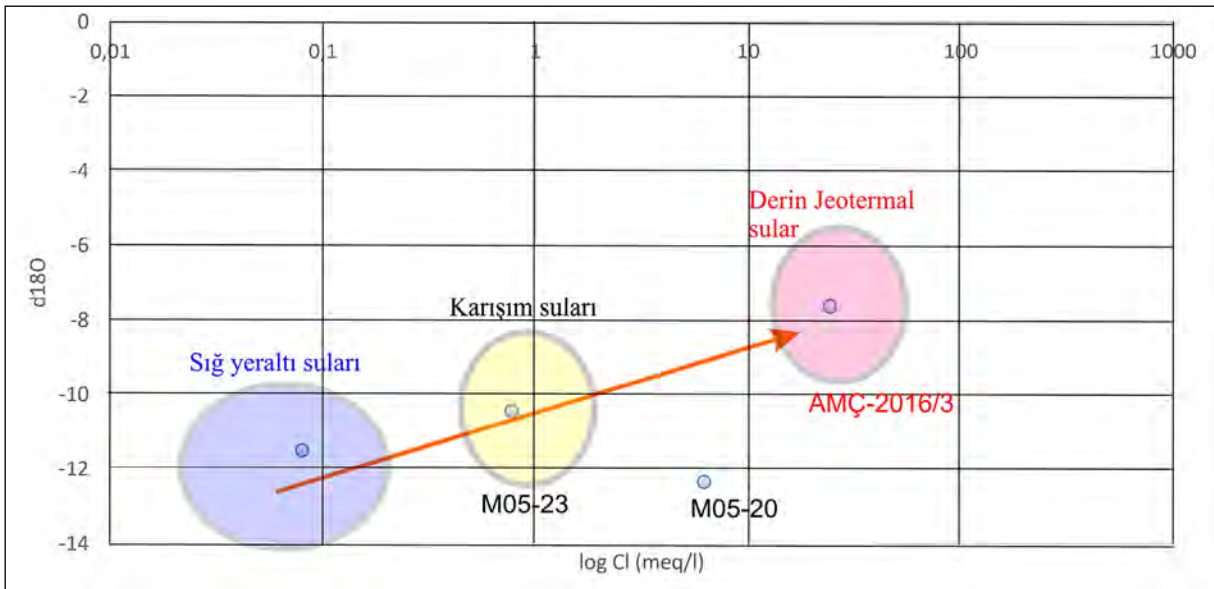


Şekil 23- Değerlendirmelerde kullanılan sulara ait döteryum (δD) ile beslenme yüksekliği (H) grafiği.

3.3.4. Çalışma Alanında Örneklenen Suların Trityum Analizi Değerlendirmesi

Hidrojen atomunun bir izotopu olan trityum (3H) radyoaktif ve yarılanma ömrü 12,32 yıldır (Lucas ve Unterweger, 2000). 1952 yılında başlayan nükleer denemelerde, atmosfere karışan trityum izotopunun yağmur suyuyla birlikte yeraltı sularına karışması, suyun dolaşım süreci hakkında bilgi vermektedir (Clark ve Fritz, 1997). Böylece, trityum içerikleri kullanılarak yapılabilecek kalitatif değerlendirmeler; örneklenen sulardan M05-20, M05-30, M05-33 ve AMÇ-2016/3 no.lu örneklerin trityum içeriği $<0,8$ olup beslenme yaşları 1952 öncesi beslenmeyi yani submodern suları göstermektedir. M05-23 no.lu örneğin trityum değeri ise 4,26 TU olup su submodern- genç sular sınıfında yer almaktadır. ^{18}O - 3H ilişkisi suların beslenme yükseklikleri ile akiferden geçiş ve akiferde kalış süresi arasındaki ilişkiyi yansıtır. Düşük

^{18}O değerleri suların yüksek kottan beslendiğini, düşük 3H değerleri de suyun derin dolaşım ve uzun geçiş süresini yansıtmaktadır. Grafik, çalışma alanından izotop analizi için alınan (Öziçli vd., 2019) M05-20, M05-30, M05-33 ve AMÇ-2016/3 no.lu numunelerin M05-23 no.lu numuneye göre uzun süreli yeraltı suyu dolaşımına sahip olduğunu göstermektedir. Çalışma sahasında kaynakların beslenme alanı yükseklikleri sola doğru artmaktadır (Şekil 25a). İzotop numunelerindeki düşük 3H değeri yeraltı suyunun rezervuardan uzun geçiş süresini gösterir. Bu nedenle yeraltı sularının bağlı yaşlarında 3H izotopu en önemli bir parametredir. Numunelerin EC değeri de, yeraltına süzülen meteorik suların rezervuardaki kalış süresine bağlı olarak artış göstermektedir. Düşük 3H ve yüksek EC değerleri suların derin dolaşımına işaret etmektedir. İncelenen alanda M05-20 no.lu kaynak ve AMÇ-2016/3 no.lu sondaj suyuna doğru, akiferle temas sürelerinin arttığı görülmektedir (Şekil 25b).



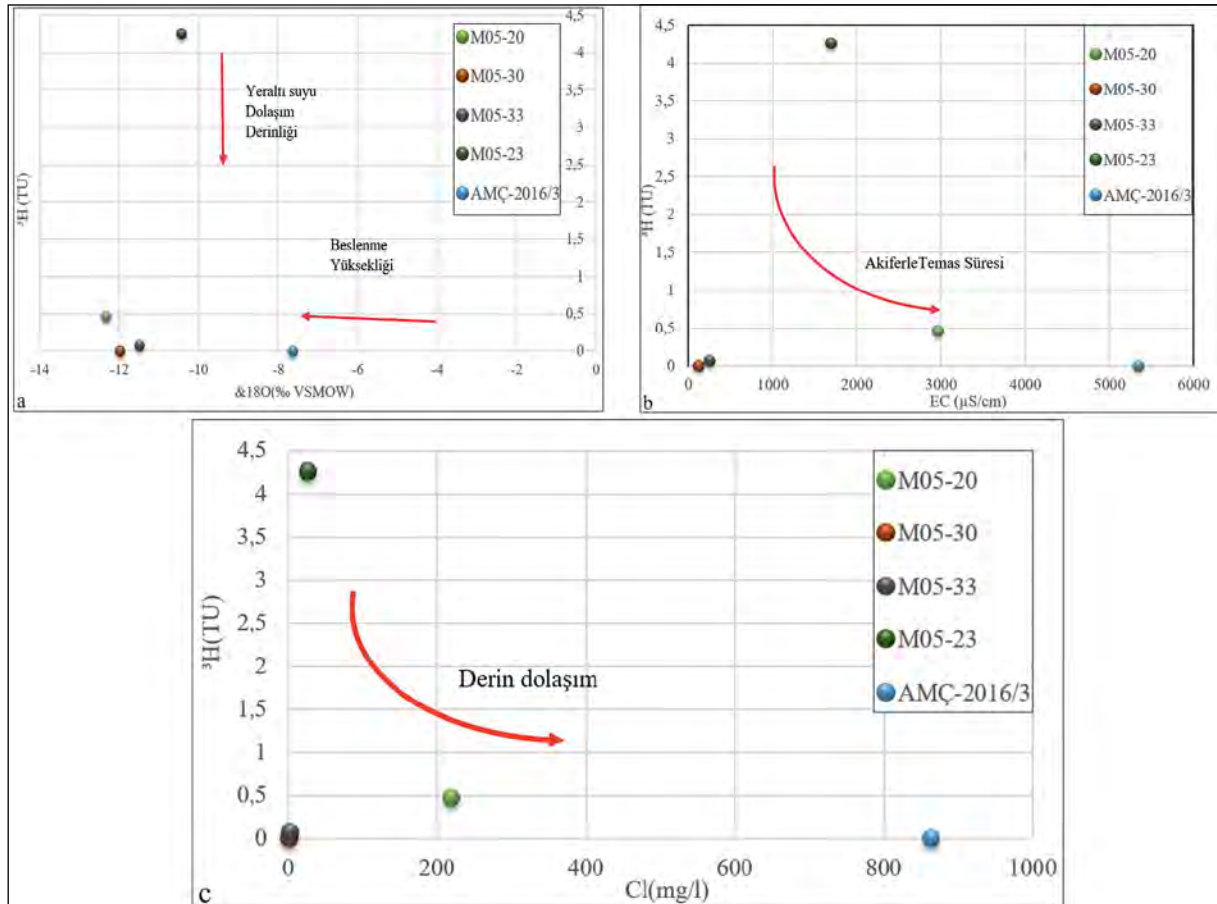
Şekil 24- Değerlendirmelerde kullanılan sulara ait döteryum ($\delta^{18}O$) ile log Cl grafiği.

İzotop analiz değerlendirmelerinde yüksek klor değeri de derin dolaşımı, düşük klor değeri sıg dolaşımı yansıtmaktadır. Çalışma alanında örneklenen suların M05-20 no.lu kaynak ve AMÇ-2016/3 no.lu sondaj suyu örnekleri, M05-23, M05-30, M05-33 no.lu örneklere göre daha derin dolaşımli sulardır (Şekil 25c).

4. Tartışma ve Sonuçlar

Merzifon-Çobanören çalışma alanında yapılan jeoloji, jeofizik, su kimyası ve sondaj verileri birlikte değerlendirilmiştir. Örnekleme yapılan 20 adet numunenin elektriksel iletkenlikleri (EC 25 °C) 126-2.970 $\mu\text{S}/\text{cm}$. sıcaklıkları 14,3 °C - 24,4 °C, pH değerleri 7,5- 8,3 ve tuzlulukları 0,1-0,8 ppt arasında değişmektedir. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajında kesilen birimler yüzeyden itibaren Kuvaterner, Pliyosen, Miyosen, Eosen, Kretase fişi ve ofiyolit birimleri olarak belirlenmiş ve sondajda kompresörlü üretim debisi 5,3 l/sn., üretim sıcaklığı

56 °C, akışkanın artezyen üretim debisi 2 l/sn. ve üretim sıcaklığı 53 °C olarak kaydedilmiştir. Kuyu taban sıcaklığı en yüksek 87,65 °C ölçülerek, üretim endeksi (PI) 4,16 t/sa/bar ve enjeksiyon endeksi (EI) 1,4 t/sa/bar olarak hesaplanmıştır. AMÇ-2016/3 jeotermal kuyusunun EC'si 5.350 $\mu\text{S}/\text{cm}$., pH'ı 7,6 ve tuzluluğu ise 2,16 ppt olarak ölçülmüştür. Kuyu testleri sonucunda üretim zonlarının 1.150 ve 1.450 m'lerde olduğu belirlenmiştir. Sondajın beslenimi, sahanın kuzeybatısında bulunan Tavşandağı'nın yaklaşık 1.104 metrelerinden olduğu hesaplanmıştır. Asitleme öncesi ve sonrasında water loss testlerinde geçirgenliğin arttığı fakat üretim zonlarında bir değişimin olmadığı, akışkan miktarında da bir değişimin olmadığı görülmüştür. Çalışma alanından örneklenen suların ve AMÇ-2016/3 no.lu jeotermal akışkan toplam derişim bağıl oranlarına göre 7 farklı hidrokimyasal fasiyes grubunda gösterilmiştir. Yarı logaritmik Schoeller diyagrama göre AMÇ-2016/3 jeotermal sondajına en yakın mineral dizilim



Şekil 25- a)Tritiyum (TU) ile $\delta^{18}\text{O}$ (‰) grafiği, b) Tritiyum (TU) ile EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) grafiği ve c) Tritiyum (TU) ile Cl (mg/l) grafiği.

trendinin M05-23 no.lu keson kuyu numunesine ait olduğu görülmüştür. Jeotermometrelere göre 100 °C ve civarı muhtemel rezervuar sıcaklıkları beklenmektedir. AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı kalsit, anhidrit, aragonit, dolomit ve jips minerallerine doygun değildir. AMÇ-2016/3 jeotermal akışkanda, su-kayaç etkileşimi ¹⁸O- zenginleşmesi gözlenmektedir ve düşük trityum içeriği nedeniyle de yaşlı ve uzun süre akifer geçişi olan su sınıfındadır. AMÇ-2016/3 jeotermal akışkanında, buharlaşma ve birleşim suyu ile karışımın yanında sedimanter havzalarda (Merzifon havzası) yeraltı sularının şeyl ve killerden dikey yönde adveksiyon hareketiyle geçerken matriks ters osmos membran etkisi yapmakta ve büyük moleküllerin geçişini geciktirmektedir. Filtre olan sular ağır izotoplarca tükenmektedir. Phillips vd. (1986) ¹⁸O zenginleşmelerini açıklamak için hiperfiltrasyon etkisinin olduğundan söz etmiştir.

Katkı Belirtme

Bu çalışma, MTA Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı bünyesinde yürütülen “Orta Karadeniz Jeotermal Enerji Aramaları (Amasya, Çorum, Tokat)” projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda görev alan Adnan GÜVEN, Dr. Aydın ÇİÇEK, İsmail ÖZTEL, Kaan GÖREN, Mevlüt ÇALKAYA, Mustafa BAŞIKARA ve Safa BAKRAÇ’a, projenin yürütülmesi esnasındaki katkılarından dolayı Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi, Sondaj Dairesi ve Jeofizik Etütleri Dairesi Başkanlıklarına ve MTA Orta Anadolu I. Bölge (Sivas) Müdürlüğü’ne teşekkür ederim.

Değınilen Belgeler

Akkuş, İ., Akıllı, H., Ceyhan, S., Dilemre, A., Tekin, Z. 2005. Türkiye Jeotermal Kaynakları Envanteri. MTA Genel Müdürlüğü, Envanter serisi No: 201. 849, Ankara.

Altner, D., Koçyiğit A., Farinacci A., Nicosia U., Conti M. A. 1991. Jurassic-Lower Cretaceous stratigraphy and paleogeographic evolution of southern part of north-western Anatolia. *Geologica Romana* 27, 13-80.

Arnórsson, S., Gunnlaugsson, E., Svavarsson, H. 1983. The chemistry of geothermal waters in Iceland. III. Chemical geothermometry in geothermal

investigations. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 47, 567-577.

Back, W. 1960. Hydrochemical facies and ground-water flow patterns in northern part of Atlantic Coastal Plain. U.S. Geological Survey Professional Paper, 498-A, 42

Back, W. 1961. Techniques for mapping hydrochemical facies. U.S. Geological Survey Professional Paper, 424.

Bingöl, E., Akyürek, B., Korkmazer, B. 1973. Biga Yarımadası'nın jeolojisi ve Karakaya Formasyonu'nun bazı özellikleri. Cumhuriyetin 50. Yılı Yerbilimleri Kongresi, 17-19 Aralık 1973, Ankara, 70-76.

Clark, I., Fritz, P. 1997. Environmental Isotopes in Hydrogeology. Lewis Publication, Boca Raton, 328.

Craig, H. 1961. Isotopic variations in meteoric waters. *Science* 133, 1702-1703.

Criss, R. E. 2020. Thermal models of the continental lithosphere. *Heat Transport and Energetics of the Earth and Rocky Planets*, Elsevier, 151-174.

Dilaver, A. T., Aydın, B., Özyurt, N. N., Bayarı, C.S. 2018. Türkiye Yağışlarının İzotop İçerikleri (2012-2016), Devlet Su İşleri Teknik Araştırma ve Kalite Kontrol Dairesi Başkanlığı ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara, 44.

Dirik, K. 1994. Kuzey Anadolu transform fay zonunun Beşpınar-Havza kesimindeki neotektonik özellikleri. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration* 116, 37-50.

Durov, S. A. 1948. Classification of natural waters and graphical representation of their composition. *Doklady Akademii Nauk SSSR* 1948, 59, 87-90.

Erturaç, M. K. 2009. Amasya ve çevresinin morfotektonik evrimi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 382.

Fournier, R. O. 1977. Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. *Geothermics* 5, 41-50.

Fournier, R. O. 1979. A revised equation for the Na-K geothermometer. *Geothermal Resources Council Transactions* 3, 221-224.

Fournier, R. O., Truesdell, A. H. 1973. An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 37, 5, 1255-1275.

Genç, Ş., Kurt, Z., Küçümen, Ö., Cevher, F., Saraç, G., Acar, Ş., Bilgi, C., Şenay, M., Poyraz, N. 1991. Merzifon (Amasya) dolayının jeolojisi. Maden

- Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 9529, 47, Ankara (yayımlanmamış).
- Giggenbach, W. F. 1988. Geothermal solute equilibria, derivation of Na-K-Mg-Ca geothermometers. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 52, 2749-2765.
- Giggenbach, W. F. 1991. Chemical techniques in geothermal exploration; Chemistry Division DSIR., Private Bag, Petone, Nueva Zelandia, 47.
- Güven Ö., Kavukçu, E. 2017 Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Kalitatif Mineralojik-Petrografik Analiz Rapor No: MAT-16005250/R-1, Ankara (yayımlanmamış).
- Hakyemez, Y., Barkut, M. Y., Bilginer, E., Pehlivan, Ş., Can, B., Dağ, Z., Sözeri, B. 1986. Yapraklı-İlgaz-Çandır dolayının jeolojisi. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7966, 281, Ankara (yayımlanmamış).
- Herece, E., Akay, E. 2003. Kuzey Anadolu Fayı (KAF) Atlası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, 61, Ankara.
- Koçyiğit, A., Özacar, A. A. 2003. Extensional Neotectonic Regime through the NE Edge of the Outer Isparta Angle, SW Turkey: New field and seismic data. *Turkish Journal of Earth Sciences* 12, 67-90.
- Langelier, W. F., Ludwig, H. F. 1942. Graphical method for indicating the mineral character of natural waters. *Journal of the American Waterworks Association*, 34, 335-352.
- Lucas, L. L., Unterweger, M. P. 2000. Comprehensive review and critical evaluation of the half-life of Tritium. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology* 105, 4, 541-549.
- Mutlu, H., Güleç, N. 1998, Hydrogeochemical outline of thermal waters and geothermometry applications in Anatolia (Turkey). *Journal Volcanology and Geothermal Research* 85, 495-515.
- Öziçli, F. M., Karzaoğlu, H., Çiçek, A., Güven, A. 2018. Amasya - Merzifon - Osmanoğlu ARA.05.00.2014.JEO.3, Amasya - Merzifon-Aksungur ARA.05.00.2014.JEO.4, Amasya-Merzifon - Uzunyazı ARA.05.00.2015.JEO.2, Amasya - Suluova - Kerimoğlu ARA.05.00.2015.JEO.3, Amasya - Suluova - Kurnaz ARA.05.00.2015.JEO.4, Amasya - Gümüşhacıköy - Güblüce ARA.05.00.2015.JEO.5, Amasya - Merzifon-Karatepe ARA.05.00.2015.JEO.6 ve Amasya-Merzifon-Sarıköy ARA.05.00.2015.JEO.7 jeotermal kaynak arama ruhsat sahalarına ait jeotermal etüt (jeoloji-jeofizik) raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 13766, 378, Ankara (yayımlanmamış).
- Öziçli, F. M. 2020. Merzifon-Suluova çek-ayır havzası jeotermal özelliklerinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 250, Kütahya.
- Öziçli, F. M., Güven, A., Çiçek, A., Başkara, M. 2019. Amasya-Merzifon-Osmanoğlu ARA.05.00.2014. JEO.3 jeotermal kaynak arama ruhsat sahalarına ait AMÇ-2016/3 jeotermal sondajı kuyu bitirme raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 13829, 88. Ankara (yayımlanmamış).
- Phillips, F. M., Bentley, H.W., Davis, S. N., Elmore, D., Swanick, G. 1986. Chlorine-36 dating of very old groundwater. 2. Milk River aquifer, Alberta, Canada. *Water Resources Research* 22, 2003-2016.
- Piper, A. M. 1944. A Graphic Procedure in Geochemical Interpretation of Water Analyses. *American Geophysical Union Transactions* 25, 914-923.
- Rojay, B., Koçyiğit, A. 2012. An active composite pullapart basin within the central part of the North Anatolian Fault System: The Merzifon-Suluova Basin, Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 21(4), 473-496.
- Sarp, S., Bakraç, S. 2019. Çankırı-Atkaracalar-Çardaklı ÇAÇ-2019/02 jeotermal araştırma sondajı kuyu bitirme raporu. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 13929, 41. Ankara (yayımlanmamış).
- Schoeller, H. 1967. Hydrodynamique dans le karst. *Chronique d'hydrogeologie* 10, 7-21.
- Sevin, M., Uğuz, M.F. 2013a. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Çorum G34 Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Seri No: 184, 24s., Ankara
- Sevin, M., Uğuz, M.F. 2013b. 1:100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Çorum G35 Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Seri No: 185, 26s., Ankara.
- Stiff, H. A. 1951. The Interpretation of Chemical Water Analysis by Means of Patterns. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology* 3, 15-16.
- Tassi, F., Vaselli, O., Moratti, G., Piccardi, L., Minissale, A., Poreda, R., Huertas, A. D., Bendkik, A., Chenakeb, M., Tedesco, D. 2006. Fluid geochemistry versus tectonic setting: The case study of Morocco Geological Society London Special Publications 262(1), 131-145.
- Truesdell, A. H., Hulston, J. R. 1980. Isotopic evidence of environments of geothermal systems. *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry, The Terrestrial Environment*, Elsevier, Amsterdam, 1,179-226.



MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



4 Aralık 2023 Gemlik Körfezi Depremi bir öncü şok mudur?

Doğan KALAFAT^{a*}

^aBoğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (BDTİM), 34680, İstanbul, Türkiye

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:

Gemlik Körfezi, Kuzey Anadolu Fay Sistemi, Verev Atımlı Normal Faylanma, Artçı Şok.

ÖZ

4 Aralık 2023 tarihinde Kumyaka-Mudanya (Bursa) açıklarında Gemlik Körfezi'nde yerel saat ile 10:42'de aletsel büyüklüğü $M_l=5.1$ olan orta büyüklükte bir deprem meydana geldi. Deprem özellikle Marmara Bölgesi'nin doğusunda çok kuvvetli bir şekilde hissedildi. Bu çalışmada bu depremin sismolojik olarak analizi yapılarak tüm medyada açıklanan bilgilerin doğruluğu bilimsel veriler ışığında sorgulanmıştır. Meydana gelen depremin dış merkezi Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS)'nin ana kollarından biri olan güney kolda meydana gelmiştir. Güney kolda tarihsel dönemde meydana gelen son önemli depremler 18. yüzyılda meydana gelmiştir. Yapılan sismolojik ve kinematik çalışmalar sonucu, depremin KAFS'nin ana fayında ya da ona çok yakın konumlu sentetik bir fayın yırtılması sonucu oluştuğu belirlenmiştir. Nitekim yapılan fay düzlemi çözümü, depremin verev atımlı normal bir faylanmadan kaynaklandığını göstermiştir. Ayrıca depremden hemen sonra devam eden artçı depremlerin dağılımı da bu görüşü desteklemektedir. Artçı depremlerin, yaklaşık bir hafta içerisinde hem oluş sayıları hem de büyüklükleri azalarak devam ettiği gözlenmiştir.

Gönderim Tarihi: 29.04.2024

Kabul Tarihi: 08.05.2024

Keywords:

Gulf of Gemlik, North Anatolian Fault System, Oblique-Slip Normal Faulting, After Shock.

ABSTRACT

On December 4, 2023, a moderate earthquake with an instrumental magnitude of $M_l = 5.1$ occurred in the Gemlik Gulf off the coast of Kumyaka-Mudanya (Bursa) at 10:42 local time. The earthquake was felt very strongly especially in the east of the Marmara region. The statements made immediately after the earthquake caused great fear and panic in the society. In this study, this earthquake was analyzed seismologically and the accuracy of the information disclosed in all media was questioned in the light of scientific data. The epicenter of the earthquake occurred in the southern branch, one of the main branches of the North Anatolian Fault System (NAFS). As it is known, the last significant earthquakes in the historical period in the southern branch occurred in the 18th century. As a result of the seismological and kinematic studies, it was determined that the earthquake sourced from either master fault or from a synthetic fault closely-spaced to it. As a matter of fact, the fault plane solution shows that the earthquake originated from oblique-slip normal faulting. In addition, the distribution of aftershocks that occurred immediately after the earthquake also supports this view. Aftershocks continued within about a week, decreasing in both frequency and magnitude.

Received Date: 29.04.2024

Accepted Date: 08.05.2024

1. Giriş

Kuzey Anadolu Fay Sistemi (KAFS)'nin batıya uzantısında özellikle Taşkesti-Dokurcun (Mudurnu)'un batısından itibaren iki ana kola

ayrılmaktadır (Koçyiğit, 1988; Barka ve Kuşçu, 1996; Kalafat, 2000; Kalafat vd., 2007; Özalp vd., 2013). Kuzey ana kol, Sapanca Gölü'nden geçerek Yuvacık-Kullar (Kocaeli) İzmit Körfezine bağlanmakta,

Atf Bilgisi: Kalafat, D. 2024. 4 Aralık 2023 Gemlik Körfezi Depremi bir öncü şok mudur? MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 5, 51-61.

*Başvurulacak yazar: Doğan KALAFAT, kalafato@boun.edu.tr

buradan Hersek burnundan geçerek Prens Adaları'nın güneyinden, Silivri-Marmaraeğlisi-Tekirdağ-Uçmakdere açıklarından Gaziköy'e karaya bağlanmakta, Mürefte-Şarköy'ün kuzeyinden geçerek Saros Körfezi'ne ve Ege Denizi'ne bağlanmaktadır. Güney ana kol ise Taşkesti-Dokurcun-Geyve-Mecele'den geçerek İznik Gölü'nün güneyi ve oradan da Gemlik Körfezi'ne bağlanmaktadır (Koçyiğit, 1988; Emre vd., 2011; Şekil 1).

Özetle, Bandırma ve Dokurcun Vadisi arasında bulunan güney kol sağa sığıyarak birbirinden ayrılmıştır. Bu üç ana bölüm doğudan batıya Geyve, İznik ve Gemlik'tir. Bu fay bölümlerinin uzunluğu 40-57 km arasında değişmektedir (Koçyiğit, 1988; Özalp vd., 2013). GPS verilerine göre bu iki ana kol, farklı hareket hızları göstermektedir. GNSS (Global

Navigation Satellite Systems) verileri güney kolda yaklaşık 5 mm/yıl kayma hızı önermektedir (Meade vd., 2002). Güncel GNSS ölçümleri, Marmara Bölgesi'ndeki levha hareketlerinin KAFS'nin ana kuzey kolu üzerinde önerilen 24 ± 1 mm/yıl kayma hızının tamamı bu kol tarafından karşılanmaktadır (McClusky vd., 2003; Reilinger vd., 2006). 1990-1996 tarihlerin arasında yapılmış dört GNSS kampanyasının sonuçlarına göre de (Straub vd., 1997), Marmara Bölgesi'nde kuzey kolun güney kola göre daha aktif olduğuna işaret etmektedir.

GNSS sonuçları 5 mm/yıl kayma hızına sahip olan ana güney kolun KAFS'deki yatay hareketlerin $\frac{1}{4}$ 'ünü karşıladığını ortaya koymuştur (Meade vd., 2002). Bunların aksine, Biga Yarımadası genelinde yapılan ayrıntılı arazi çalışmaları ve jeolojik haritalama



Şekil 1- Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin Kuzey ve Güney kolları (Emre vd., 2011).

sonucunda, KAFS'nin güney kolu üzerindeki toplam doğrultu atım miktarının 4-28 km arasında, yıllık ortalama kayma hızının da 4.6-10.9 mm/yıl arasında değiştiği ortaya konmuştur (Koçyiğit, 1988; Koçyiğit ve Gürboğa, 2021; Koçyiğit, 2023).

KAFS yine aynı bölgede dallanarak daha güneye ve güneybatıya parçalar (fay kuşakları, fay setleri ve tekil faylar olarak) halinde farklı doğrultularda devam etmektedir (Koçyiğit ve Gürboğa, 2021; Koçyiğit, 2023). Bazı araştırmacılar daha güneyde de bir kolun varlığını ileri sürmüşler ve bu kolun Yenişehir, Bursa, Manyas, Gönen ve Pazarköy hattını takip ederek Edremit Körfezi'ne kadar uzandığını belirtmişlerdir (Barka, 1992, 1997; Barka ve Kuşçu, 1996; Koçyiğit ve Gürboğa, 2021).

KAFS'nin en belirgin kolları kuzey ve güney koldur. Dolayısı ile gerek tarihsel dönemde, gerekse aletsel dönemde KAFS'nin bu kollarında yıkıcı depremler meydana geldiği bilinmektedir.

Gemlik ilçesinin bağlı olduğu Bursa il sınırları içinde de yerel küçük ölçekli fayların yanında KAFS'nin İznik Gölü'nün güneyinden-Gemlik Körfezi'ne uzanan ana kolu ile Yenişehir-Bursa'dan geçen ve en güneydeki parçalı fay kolunun bölgedeki deprem aktivitesi belirleyen önemli bir etken olduğu belirtilmiştir. Bursa ilindeki önemli diri faylar Soğukpınarı, Ulubat, Mustafakemalpaşa, Orhaneli, Bursa, Barakfakı, İnegöl, Gençali, Zeytinbağı, Karacabey, İznik-Mekece ve Gemlik fayları olup (Koçyiğit, 1988; Emre vd., 2013), bölge ağırlıklı olarak KAFS (sağ yanal doğrultu atımlı) ve Batı Anadolu'nun Açılma Rejimi normal faylar etkisi altında karmaşık bir tektonik yapı göstermektedir. Çünkü Doğu Marmara bölgesi, özellikle güney kısmı Batı Anadolu'nun genişleme rejiminden etkilenmektedir. Dolayısı ile çok faylı bir yapı bu bölgede dikkat çekmektedir.

2. Bölgenin Depremselliği

2.1. Tarihsel Dönem Depremselliği

KAFS'nin ana güney kolunun etki alanında bulunan İznik, Gemlik, Mudanya gibi şehirler geçmiş dönemlerde birçok medeniyetin yaşadığı alanlar olup

İznik Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı devletlerine çeşitli dönemlerde başkentlik yapmış önemli şehirlerdir.

Tarihsel verinin değerlendirilmesinde yayınlanmış kataloglar olan Pınar ve Lahn (1952) "Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu", Ergin vd. (1967) "Türkiye ve Civarının Deprem Kataloğu", Soysal vd. (1981) "Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu", Ambraseys ve Finkel (1991) "Long-term seismicity of İstanbul and of the Marmara Sea Region", Guidoboni vd. (1994) "Catalogue of Ancient Earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th Century" gibi farklı deprem kataloglarından yararlanılmıştır. Tarihsel veri setinden de görüleceği gibi bölgede şiddet değeri $I_o \geq VII-X$ arası bölgede birçok deprem meydana gelmiştir (Şekil 2; Çizelge 1).

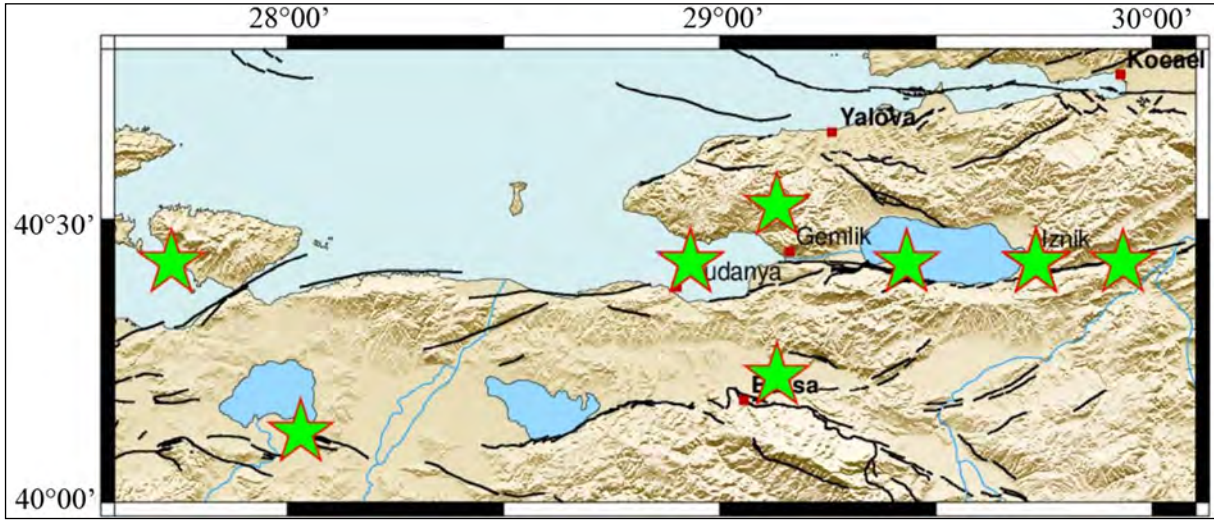
2.2. Aletsel Dönem Depremselliği (1900-2023)

Aletsel Dönem depremleri iki döneme ayrılarak verilmiştir. 1. dönem Aletsel dönemin başlangıcı olan 1900 yılından başlayarak 2002 yılına kadardır. Bu dönemde deprem istasyonlarının dağılımı gerek bölgede, gerekse Türkiye'de çok yaygın değildi. Ancak 2003 sonrasında özellikle Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) sismik ağını güncelleyerek ve geliştirerek ülke çapında çok yaygın istasyon kurulmasını sağlamıştır (Kalafat, 2011). Dolayısı ile 1900-2002 yılları ayrı, 2003-2023 yılları ayrı periyotlar olarak ele alınmıştır.

Bölgede 1900-2002 yılları arası deprem etkinliğine bakıldığında, burada mevcut olan sismik şebekenin algılama eşiği düşüktür, kaydedilen deprem sayısı 1853'tür. Bu depremlerin istatistiksel dağılımı Şekil 3'te verilmiştir.

Bu zaman periyodundaki en önemli deprem karada, güney kolun batı devamında 10.6.1964 tarihinde meydana gelen Okçular-Manyas-Karacabey Depremi'dir ($M_w=6.8, I_o=IX$, Normal Faylanma; Eyidoğan vd., 1991, Kalafat vd., 2011). Bunun dışında bölgede büyüklüğü $M= 4.0-4.7$ arası 14 orta büyüklükte deprem meydana gelmiştir (Şekil 4).

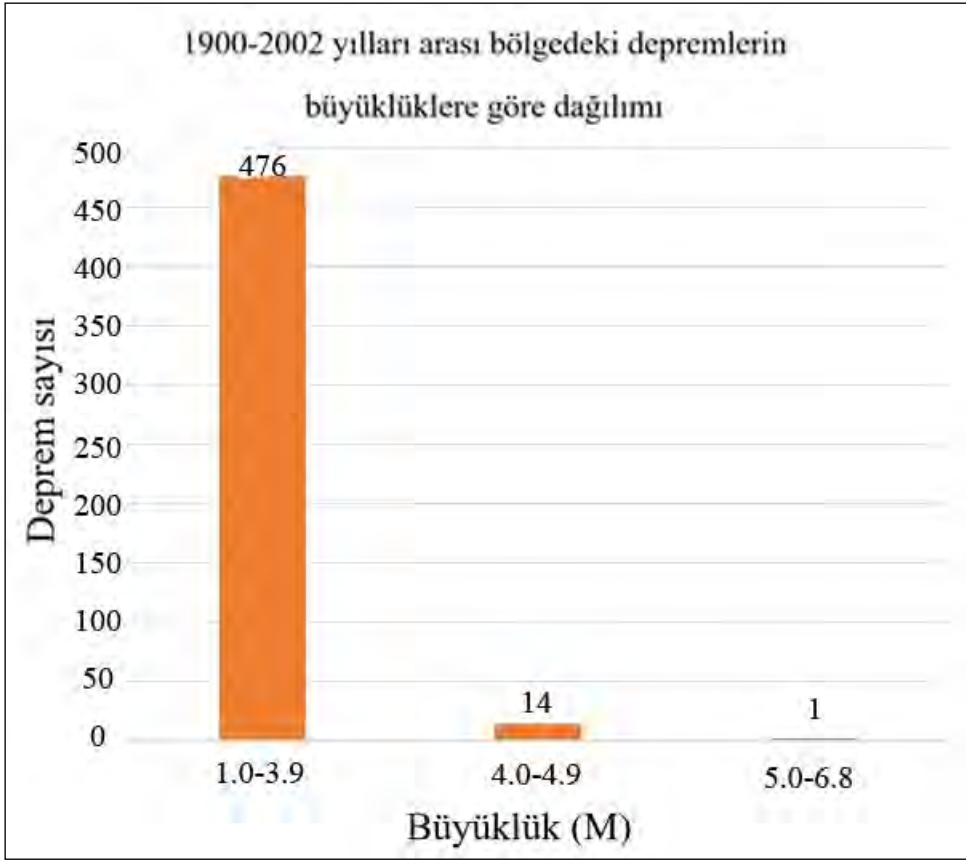
İkinci veri seti özellikle son 2003-2023 yılları arasında olup ayrıca değerlendirilmiştir.



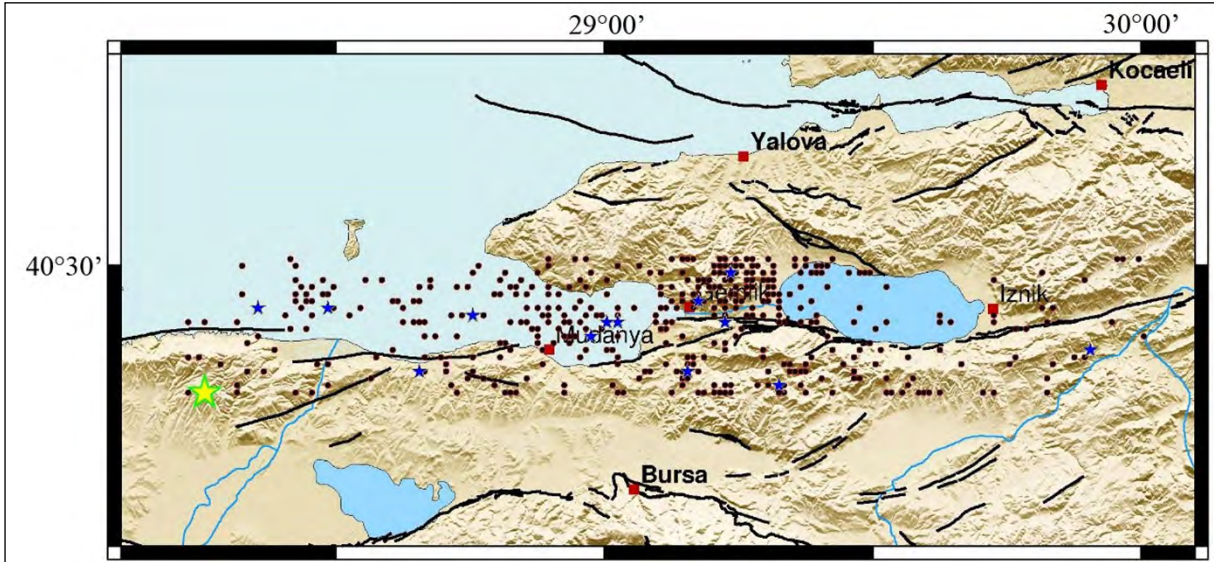
Şekil 2- Tarihsel depremler (Ergin vd., 1967; Soysal vd., 1981, Ambraseys ve Finkel, 1991, Guidoboni vd., 1994, Pınar ve Lahn, 1952).

Çizelge 1- Tarihsel dönem depremleri. (1) Ergin vd. (1967); (2) Soysal vd. (1981); (3) Ambraseys ve Finkel (1991); (4) Guidoboni vd. (1994); (5) Pınar ve Lahn (1952).

Tarih	Enlem	Boylam	Şiddet	Yer	Kaynaklar
MS 24.11.29	40.40	27.70	IX	İzmit'in büyük bir kısmı yıkılmıştır. İzmit'te çok şiddetli hissedilmiştir. Merkez üssü Gemlik körfezinde olabilir.	1,2,3,4,5
MS 33	40.40	29.90	VIII	Kocaeli Yarımadası, İzmit-Bursa yöresi	2,5
MS 02.01.69	40.40	29.70	VII	İzmit ve İzmit büyük hasar görmüştür. Sonrasında şehir yeniden inşa edilmiştir. İzmit, İzmit, Merkez üssü Gemlik veya İzmit bölgesidir	1,2,3,4,5
MS 120	40.40	29.70	VIII	Depremde İzmit'in tamamı, İzmit'in ise büyük bir kısmı yıkılmıştır. Yıkılan bu iki şehir maddi destek sağlanarak onarılmıştır.	1,2,3,4,5
129	40.40	29.40	VIII	İzmit, Zeytinbağ, Mudanya Batısı	2,3
03.05.170	40.10	28.00	IX	Bandırma, Erdek, Gemlik Körfezi	1,2,5
11.10.368	40.40	29.70	VII	Bithynia (Bursa-Bilecik-Sakarya bölgesi) da meydana gelen bu depremle İzmit'in büyük hasar görmüş ve bu eyaletin diğer şehirlerinde de yıkım yaratmıştır. Depremin muhtemel merkez üssü İzmit'tir.	1,2,3,4
MS 715	40.40	29.70	IX	İzmit ile civarında bulunan bazı tarihi şehirler ve İstanbul'un 1/3'ü yıkılmıştır. Merkez üssü Gemlik körfezi olduğu tahmin edilmektedir	1, 2, 3, 5
23.09.985	40.40	28.90	VIII	İzmit, Bandırma, Erdek, Gemlik Körfezi, Merkez üssü Gemlik körfezi olabilir.	1, 2, 5
23.09.1064	40.40	28.90	IX	İzmit, Bandırma, İstanbul, Mürefte, Tsunami Merkez üssü Gemlik Körfezi veya Kuzey Marmara bölgesi olabilir.	2,5
11.04.1855	40.20	29.10	X	Bursa (faylanma 20 km, 1300 can kaybı) Bursa'nın kuzeyini etkileyen deprem Gemlik ile Mudanya arasında ağır hasara neden olmuştur.	2,3,5
06.11.1863	40.50	29.10	IX	Gemlik Körfezi, İzmit Gölü çevresinde hasara neden olan depremde Umurbey'de evlerin çoğu yıkılmıştır. Gemlik'te bir minare ve birçok baca yıkılmış olup hasar Bursa'ya kadar uzanmaktadır.	1,2,3



Şekil 3- Bölgedeki depremlerin büyüklüğe bağlı olarak istatistiksel dağılımı.



Şekil 4- 1900-2002 yılları arası bölgedeki deprem etkinliği (Sarı Yıldız 6.10.1964 Karacabey ($M_w=6.8$) depremini, Mavi yıldızlar $M=4.0-4.7$ büyüklüğündeki depremleri, kırmızı semboller ise $M<3.9$ ve daha küçük depremleri sembolize etmektedir).

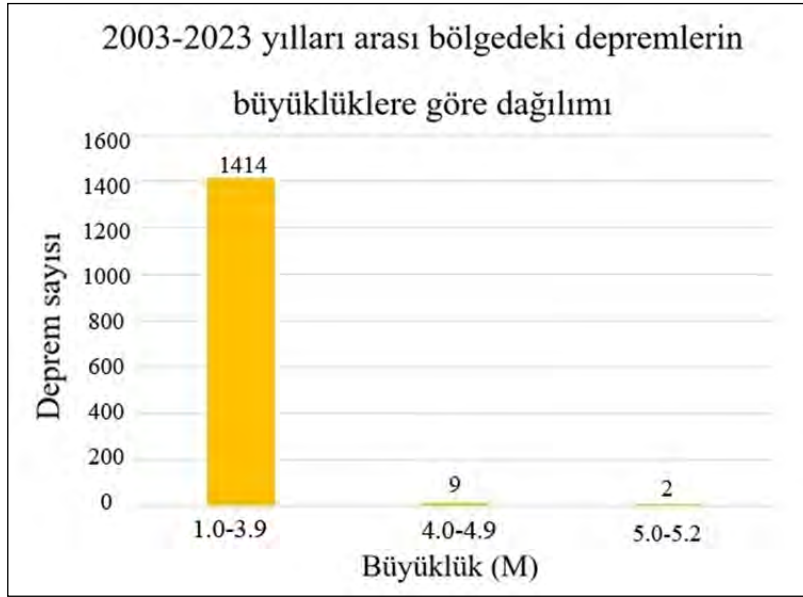
Bu tarihler arası meydana gelen deprem sayısı, istasyon sayısının bölgede artması ile artış göstermiştir. Bölgede 2003-2023 yılları arası kaydedilen deprem sayısı 1425'tir. Bu depremlerin istatistiksel dağılımı Şekil 5'te verilmiştir.

Bu zaman periyodundaki en önemli deprem Gemlik Körfezi'nde 24.10.2006 tarihinde meydana gelen ($M_w=5.2$) ve 04.12.2023 tarihinde oluşan ($M_w=5.0$) Gemlik Körfezi depremleridir. Bunun dışında bölgede

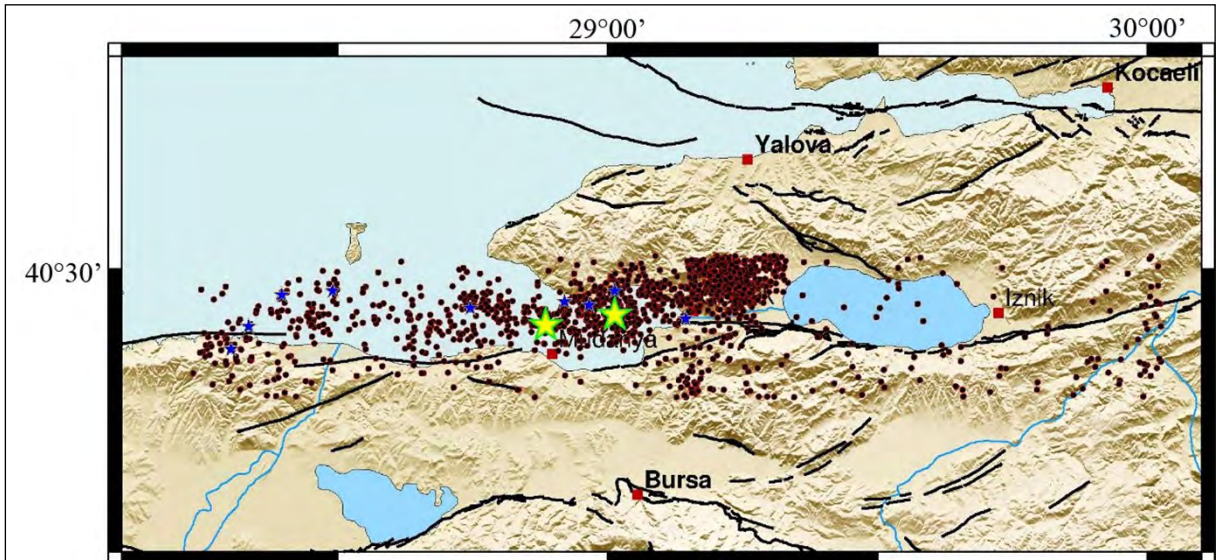
büyüklüğü $M=4.0-4.3$ arası 9 orta büyüklükte deprem meydana gelmiştir (Şekil 6).

3. 4 Aralık 2023 Gemlik Körfezi Depremi'nin Deprem Oluş Düzeni Açısından Yorumlanması

Depremin hemen ardından yazılı ve görsel basında birçok kişi ve akademisyen deprem hakkında birbiri ile çok zıt açıklamalarda bulunmuşlar ve deprem farklı bir şekilde medyada yorumlanmıştır. Kısaca bazı bilim insanları bu depremi bir öncü şok olarak



Şekil 5- Bölgedeki depremlerin büyüklüğe bağlı olarak istatistiksel dağılımı.



Şekil 6- 2003-2023 yılları arası bölgedeki deprem etkinliği (Sarı Yıldızlar 24.10.2006 ve 4.12.2023 ($M_w=5.0-5.2$) depremlerini, Mavi yıldızlar $M=4.0-4.9$ büyüklüğündeki depremleri, kırmızı semboller ise $M<3.9$ ve daha küçük depremleri sembolize etmektedir).

değerlendirmişler ve büyük bir depremin habercisi olduğunu ifade etmişlerdir. Diğer bir grup ise, yine deprem ile ilgili hiçbir analiz yapılmadan depremin güney kol üzerinde meydana geldiğini ve önemli bir risk oluşturduğunu ifade etmişlerdir. Ancak yalnızca ulusal sismoloji merkezlerinin yayımladığı parametrik veriler ile yapılan yorumlar halk arasında zaten mevcut olan korku, endişe ve paniğe neden olmuştur. Örneğin, ana depremden hemen sonra büyüklüğü $M=4.5$ olan bir depremden bahsetmişlerdir. Hâlbuki bu büyüklükte bir deprem yalnızca bir ulusal sismoloji merkezinden alınan bilgiye dayandığından diğer ulusal ve uluslararası sismoloji merkezlerinin verdiği bilgiler ile kontrol etmeden topluma bu hatalı bilgiyi hiçbir süzgeçten geçirmeden sunmuşlardır. Kısaca $M=4.5$ olan bir deprem diğer kaynaklarda büyüklüğü $M=3.3$ (KRDAE ve Euro-Mediterranean Seismological Centre EMSC) olarak açıklanmıştır ve bu bilgi kontrollü olarak doğrulanmıştır. Dolayısı ile aldıkları yanlış bilgiyi, üzerinde hiçbir analiz yapmadan toplum ile paylaşmışlardır.

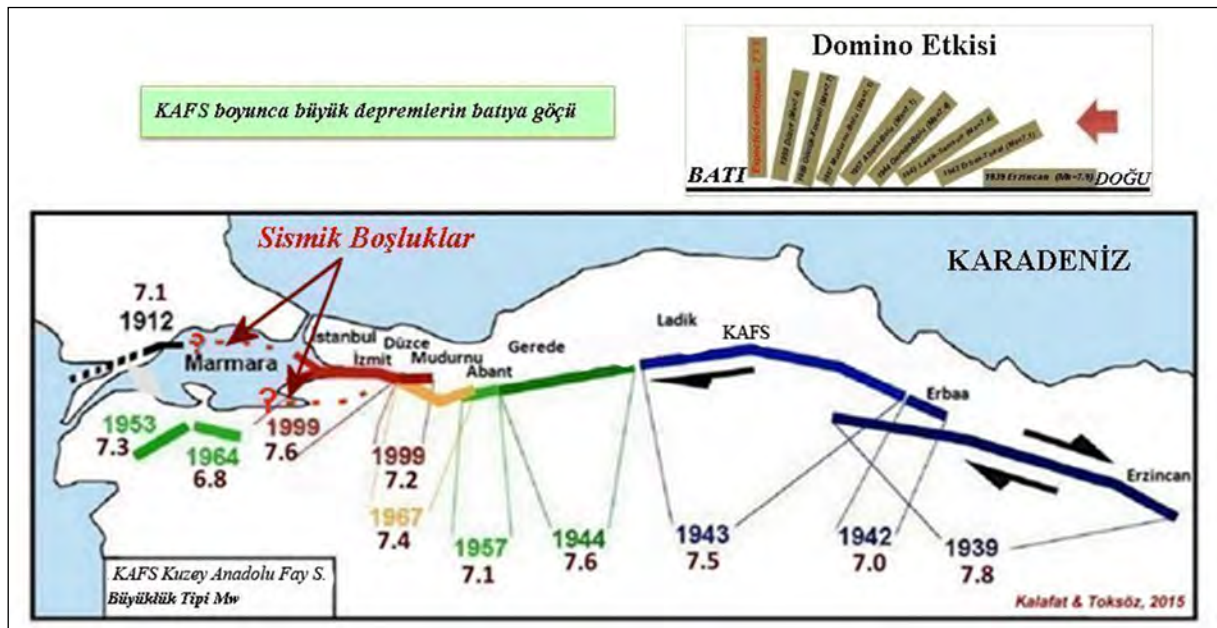
Ayrıca söz konusu röportajlarda depremin kaynak mekanizması ile ilgili hiçbir bilgi edinmeden ve/veya bu deprem ile ilgili verilerin analizi yapılmadan yapılan yorumlar da dolayısı ile hata barındırmaktadır. O yüzden her deprem sonrası deprem hakkında yeterli bilgi sahibi olmadan topluma konu ile ilgili

korku ve paniğe neden olacak şekilde bilgi vermek oldukça tehlikelidir. Tüm dünyada olduğu gibi bir deprem sonrası basına bilgi vermeden depremin büyüklüğüne bağlı olarak en az birkaç saat deprem verisi ile çalışmak, analiz edip sonra topluma sağlıklı ve güvenilir bilgi verilmesi gerekir. Tüm bu nedenler göz önüne alınarak, benzer tür açıklamalara dikkat çekmek ve toplumun doğru bilgi almasına katkıda bulunmak gerekmektedir.

3.1. Ana Şok ve Artçı Şok Oluş Düzeni

Ana ve artçı şok oluş düzeni birçok depremde olduğu gibi ana kırık zonları boyunca gelişmiş görece daha küçük fay parçalarından meydana gelmektedir (Şekil 7) (Kalafat ve Toksöz, 2015, 2017). Bunlara en iyi örnek KAFS ve Doğu Anadolu Fay Sistemi (DAFS) boyunca ana fay parçalarında oluşan büyük depremler verilebilir. Son 23 yılda da 1999 Gölcük-Doğu Marmara, Düzce depremleri ve 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş-Güneydoğu Anadolu Depremleri örnek olarak verilebilir.

Bu düzende gelişen deprem oluş düzeninde, ana şok sayesinde enerji boşalımı gerçekleşirken, kırık parçaları enerji biriktirir. Böylece, ilerleyen zaman içerisinde artçı şoklar meydana gelir. Artçı depremlerin meydana gelme zaman aralıkları; ana



Şekil 7- 1939'dan beri Kuzey Anadolu Fay Sistemi boyunca büyük depremlerin batıya doğru göçü (Kalafat ve Toksöz, 2015, 2017).

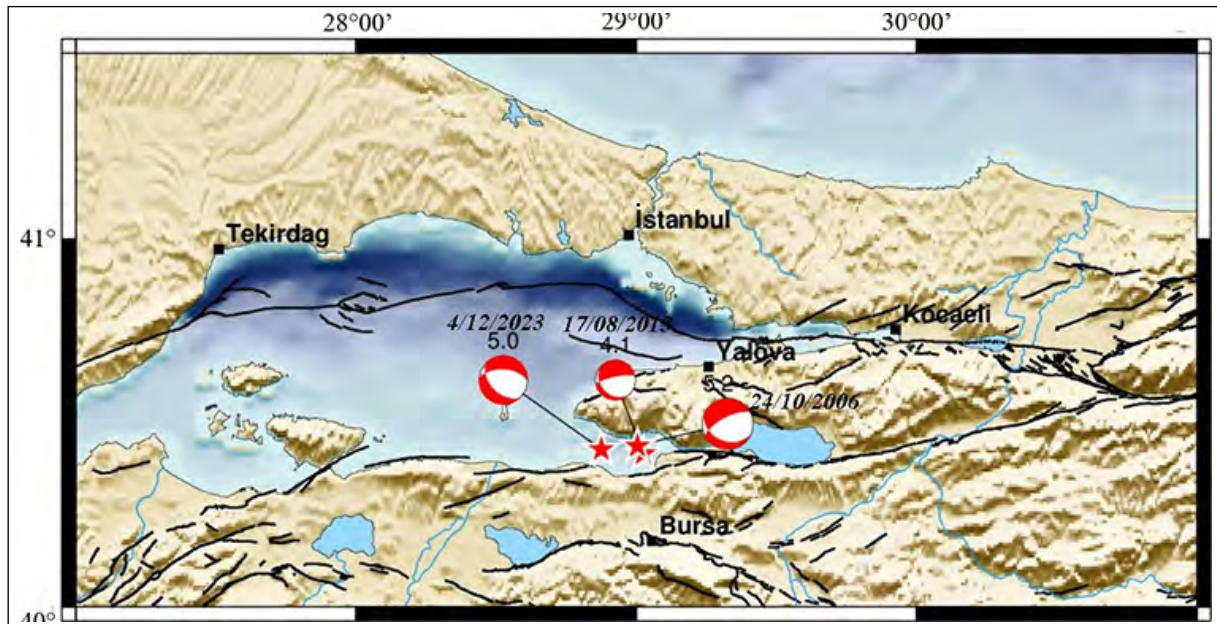
depremin büyüklüğü ve kırık alanı boyutuyla doğru orantılı olup günlerce, aylarca, hatta birkaç yıl sürebilir. Artçı şokların hem büyüklükleri, hem de deprem oluş sıklıkları ana şoktan itibaren azalarak devam eder. Dolayısı ile Gemlik Körfezi Depremi KAFS'nin güney ana kolunda meydana gelen, ancak zon içerisindeki küçük bir parçanın yırtılması ile meydana gelmiş olup KAFS'nin ana fayında meydana gelmemiştir. Orta büyüklükteki bu deprem genel olarak birkaç yılda bir olan ve bölgede meydana gelen orta büyüklükteki depremler gibi, kısaca KAFS'nin doğal aktivitesi içerisinde değerlendirilmelidir. Nitekim aynı bölgede benzer büyüklükteki deprem ($M_w=5.2$) 2006 yılında meydana gelmiştir (Şekil 8).

Dolayısı ile bu depremi KAFS'nin bölgedeki doğal aktivitesi olarak değerlendirmek gerekir. Yaklaşık bir haftalık süreçte meydana gelen artçı depremlerin zaman içerisinde büyüklüklerinin ve sıklıklarının azalarak devam etmesi de bu depremin yerel bir fayının etkinleşmesi sonucu meydana geldiğini göstermektedir (Şekil 9). Aynı zamanda, gerek depremin ve artçılarının deprem odak derinlikleri ve gerekse önemli depremlerin Moment Tensör çözümleri yırtılan fayın KAFS'nin temel karakteristiği olan sağ yanal doğrultu atımlı bir faylanma ile değil, küçük de olsa doğrultu atım bileşeni olan, fakat egemen olarak verrev atımlı normal faylanma ile

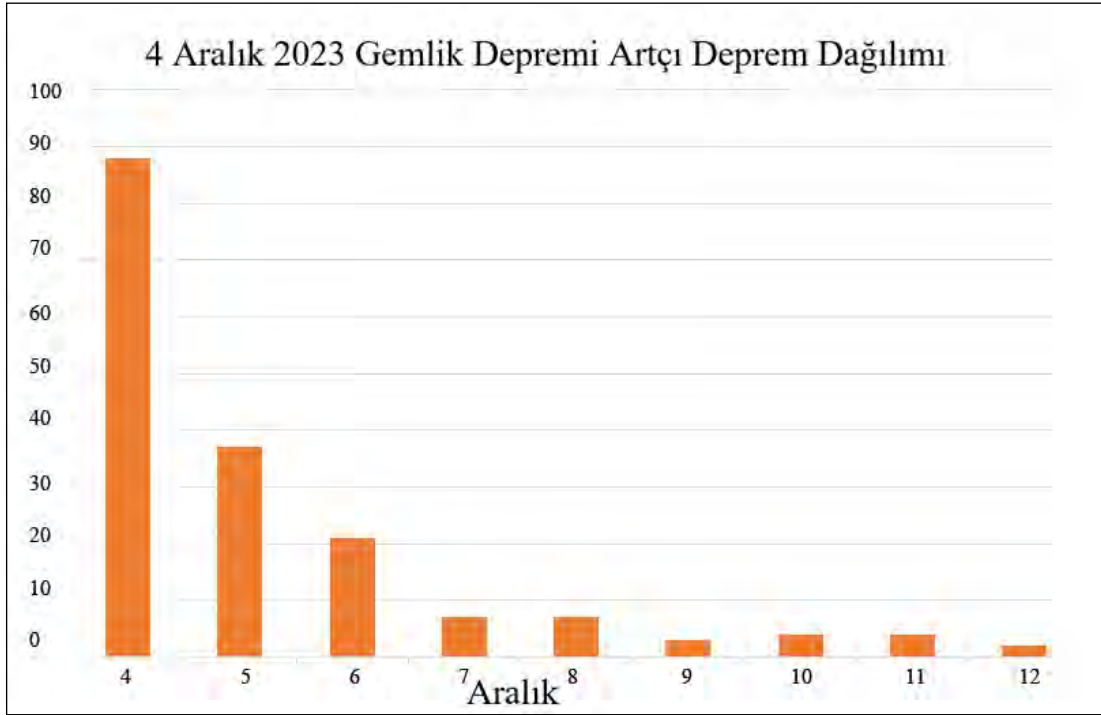
meydana geldiğini göstermektedir (Şekil 8; Çizelge 2). Çünkü kuzey Ege'de yaklaşık D-B yönünde olan en büyük asal sıkışma eksenini (σ_1), güney Marmara'da yaklaşık BKB yönüne dönmektedir (Koçyiğit ve Gürboğa, 2021; Koçyiğit, 2023). Doğrultu atımlı faylanmanın kinematik özelliği gereği, doğrultusu en büyük sıkışma eksenine paralel ya da ona yakın konumda olan faylanmalar verrev atımlı faylardır. Nitekim Şekil 7'de de görüleceği gibi, her üç depremin tensör çözüm diyagramında da BKB gidişli düzlem, depremin kaynaklandığı fayı temsil etmekte olup bu da verrev atımlı normal bir faydır. Artçı depremlerin sıklıklarının ve büyüklüklerinin zaman içerisinde azalarak devam etmesi ve sönümlenmesi bu depremin ana fayın ya da ona çok yakın sentetik bir yerel fayın yırtılması ile meydana geldiğini göstermektedir. Bu durum, sismolojik ve Kinematik açıdan olumlu değerlendirilen bir olgudur ve herhangi bir büyük olayın meydana geleceğine işaret etmemektedir.

4. Sonuçlar

4 Aralık 2023 Gemlik Körfezi Depremi Doğu Marmara bölgesinde kuvvetlice hissedilmiş ve toplumda paniğe neden olmuştur. Bu panik ve korkunun derinleşmesinde depremin hemen ardından yazılı basın ve görsel basında yapılan açıklamaların etkisi büyük olmuştur.



Şekil 8- 4 Aralık 2023 Gemlik Körfezi ve bölgede meydana gelen önemli depremlerin moment tensör çözümleri.



Şekil 9- 4 Aralık 2023 Gemlik Körfezi depreminin artçıların zamana bağlı olarak azalımı.

Çizelge 2- Önemli depremlerin fay düzlemi parametreleri sonuçları.

Deprem No.	TARİH G/A/Y	O. ZAMANI UTC	ENLEM Derece	BOYLAM Derece	DERİNLİK km	BÜYÜKLÜK Mw	Strike	Dip	Slip	FAY PARAMETRELERİ				BÖLGE	KAYNAK
										P axis		T axis			
										Azimuth	Plung	Azimuth	Plung		
1	24.10.2006	14:00	40,42	28,99	14,0	5,2	242,0	68,0	-115,0	116,0	59,0	350,0	19,0	Gemlik Körfezi (Bursa)	Bu çalışma
2	17.08.2013	18:16	40,40	29,00	8,0	4,1	258,0	77,0	-112,0	141,9	52,9	5,6	28,7	Gemlik Körfezi (Bursa)	"
3	4.12.2023	07:42	40,41	28,85	6,0	5,0	273,0	54,0	-119,0	124,0	66,0	23,0	5,0	Gemlik Körfezi (Bursa)	"

Deprem hakkında birbiri ile çok zıt açıklamalarda bulunmuş ve deprem medyada farklı bir şekilde yorumlanmıştır. Dolayısı ile bu çalışmanın ana amacı bu tür açıklamalara dikkat çekmek ve toplumun doğru bilgi almasına katkıda bulunmaktır. Bu bağlamda deprem farklı boyutlarıyla analiz edilmiştir. Sonuç olarak; deprem KAFS'nin güney ana kolu içinde yer alan ana fay ya da ona yakın konumdaki sentetik yerel bir fayın yırtılması sonucunda meydana gelmiştir. Başka bir deyişle, depreme yol açan yırtılma egemen bir doğrultu atımlı faylanma değil vev atımlı

normal bir faylanmadır. Depremden hemen sonra yoğun artçı depremlerin olması da, bu olayın yerel bir kırılma olduğunu, ana şok ve artçı şok deprem oluş düzenini göstermiştir. Ayrıca artçı depremlerin zaman içerisinde, gerek büyüklüklerinin ve gerekse sayılarının azalması da bu görüşü desteklemektedir. Özetle, bu bilgiler ışığında, belirli bir yörede meydana gelen depremin verisel analiz süreçlerinin izlenmesi, depreme yol açan faylanma kinematığının iyi bilinmesi ve yorumlanması, topluma daha sağlıklı ve yanıltıcı olmayan bilgiler sunulmasına olanak sağlar.

Katkı Belirtme

Bu çalışma, Boğaziçi Üniversitesi Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından (SRP/BAP projesi No: 19846) desteklenmiştir. Boğaziçi Üniversitesi Araştırma Fonu Komisyonuna ve üyelerine teşekkür ederim. Ayrıca Prof. Dr. Ali Koçyiğit, Doç. Dr. Şule Gürboğa, Doç. Dr. Selim Özalp'e ve ismini belirtmemiş ikinci hakeme değerli katkıları için çok teşekkür ederim.

Değinen Belgeler

- Ambraseys, N. N., Finkel, C. F. 1991. Long term seismicity of İstanbul and of the Marmara region, Engin. Seismology Earthquake Engin. Report 91/8, Imperial College.
- Barka, A. A. 1992. The North Anatolian Fault. *Annales Tectonicae* 6, 174-195.
- Barka, A. A. 1997. Neotectonics of the Marmara region, Active Tectonics of Northwestern Anatolia-The Marmara Poly-Project, Eds: C. Schindler, M. Pfister, 55-87.
- Barka, A. A., Kuşçu, İ. 1996. Extents of the North Anatolian fault in the İzmit, Gemlik ve Bandırma bays, *Turkish Journal Marine Science* 2, 93-106.
- Emre, Ö., Doğan, A., Duman, T. Y., Özalp, S., 2011. 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Bursa (NK 35-12) Paftası. Seri No: 9, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., Şaroğlu, F. 2013. 1:1.250.000 Ölçekli Açıklamalı Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi 30, 89, Ankara.
- Ergin, K., Güçlü, U., Uz, Z. 1967. Türkiye ve civarının Deprem Kataloğu (M.S. 11 yılından 1964 sonuna kadar), İTÜ Maden Fakültesi Arz Fiziki Enstitüsü 24, İstanbul.
- Eyidoğan, H., Güçlü, U., Utku, Z., Değirmenci, E. 1991. Türkiye Büyük Depremleri Makrosismik Rehberi (1900-1988), İTÜ Maden Fakültesi Jeofizik Müh. Bölümü Yayını 199, İstanbul.
- Guidoboni, E., Comastri, A., Traina, G. 1994. Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century, ING, 504, Italy.
- Kalafat, D. 2000. Marmara Denizi ve Çevresinin Depremselliğine Bir Bakış, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Ulusal Jeofizik Toplantısı 2000, Genişletilmiş Özetler Kitapçığı, 128-132, 23-25 Kasım 2000, Ankara (in Turkish).

- Kalafat, D. 2011. Marmara Bölgesi'nin Depremselliği ve Deprem Ağının Önemi, 1.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı (TDMSK), 11, 1-14 Ekim 2011, ODTÜ-Ankara.
- Kalafat, D., Kekovalı, K., Güneş, Y., Kara, M. 2007. İzlenen Marmara Denizi ve beklenen Marmara depremi, ATAG-11 Aktif Tektonik Araştırma Gurubu 11. Çalıştayı Bildiri Özleri Kitabı, 50, 8-9 Kasım 2007 TÜBİTAK MAM Gebze, İstanbul.
- Kalafat, D., Toksöz, M. N. 2015. A Catalogue of Source Parameters of Moderate and Strong Earthquakes for Turkey and its Surrounding Area (1938-2015), 2015 AGU Fall Meeting, 65134, S11A-2736.
- Kalafat, D., Toksöz, M. N. 2017. An overview of the seismic activity and gaps in the Marmara Sea Area, JpGU AGU Joint Meeting 2017 Japan Geoscience Union, Presentation Number: SSS13-P12, 2017 Makuhari Messe International Conference Hall, Makuhari-Tokyo, Japan.
- Kalafat, D., Güneş, Y., Kekovalı, K., Kara, M., Deniz, P., Yılmaz, M. 2011. Bütünleştirilmiş Homojen Türkiye Deprem Kataloğu (1900-2010); $M \geq 4.0$. Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 1049, 640. İstanbul.
- Koçyiğit, A. 1988. Tectonic setting of the Geyve basin: Age and total displacement of the Geyve Fault Zone. *Journal of Pure and Applied Science* 21, 81-104.
- Koçyiğit, A. 2023. Neotectonics of the Sarıköy-İnova and Çan-Bayramiç-Ezine fault zones: Basin formation, age and slip rates, NW Anatolia-Türkiye. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration* 172, 119-140.
- Koçyiğit, A., Gürboğa, Ş. 2021. Active tectonics of Gülpınar-Tuzla area (Biga Peninsula, NW Turkey): The source of 6 February-24 March 2017 earthquake cluster. *Bulletin of the Mineral Research and Exploration* 166, 85-112.
- Meade, B. J., Hager, B. H., McClusky, S. C., Reilinger, R. E., Ergintav, S., Lenk, O., Barka, A., Özener, H. 2002. Estimates of seismic potential in the Marmara region from block models of secular deformation constrained by GPS measurements. *Bulletin of the Seismological Society of America* 92(1), 208-215.
- McClusky, S., Reilinger, R., Mahmoud, S., Ben Sari, D., Tealeb, A. 2003. GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motions. *Geophysical Journal International* 155, 126-138.
- Özalp, S., Emre, Ö., Doğan, A. 2013. Kuzey Anadolu Fayı Güney Kolu'nun segment yapısı ve Gemlik

- Fayı'nın paleosismik davranışı, KB Anadolu. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 147, 1-17. Ankara.
- Pınar, N., Lahn, E. 1952. Türkiye Depremleri İzahlı Kataloğu, T.C. Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği Yayınları 6, 36, 153. Ankara.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Çakmak, R., Özener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G. 2006. GPS constraints on continental deformation in the Africa-ArabiaEurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions. *Journal of Geophysical Research*, 111, B05411.
- Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y. 1981. Türkiye ve çevresinin tarihsel deprem kataloğu, TÜBİTAK, TBAG 341.
- Straub, C., Kahle, H. G., Schindler, C. 1997. GPS and geologic estimates of the tectonic activity in the Marmara Sea region, NW Anatolia, *Journal of Geophysical Research* 102, B12, 27587-27601.

MTA YERBİLİMLERİ VE MADENCİLİK DERGİSİ YAYIM KURALLARI

1. Amaçlar

- Yerbilimleri ve madencilik konularında bilimsel iletişimin sağlanmasına katkıda bulunmak,
- Madencilik, çevre ve jeomiras gibi sosyal çalışmalara katkıda bulunmak,
- MTA tarafından yerbilimleri ve madencilik konularında yapılan güncel bilimsel araştırma ve uygulamaların kamuoyuna duyurulmasını sağlamak,
- Dergiyi nitelik, kapsam ve biçim açısından yüksek düzeyde tutarak yerbilimleri ve madencilik konularında ülke çapında önemli bir referans aracı olarak kullanmak,
- Türkçe'nin bilim dili olarak geliştirilmesi ve yabancı sözcüklerden arındırılması çabalarına katkıda bulunmaktır.

2. Kapsam-Nitelik

Makalelerin Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nde yayımlanabilmeleri için aşağıdaki niteliklerden en az birini taşımaları gereklidir:

2.1. Araştırma Makaleleri ve Derlemeler

2.1.1. Özgün Bilimsel Araştırmalar

- Bu tür makaleler, temel yerbilimleri konularına katkıda bulunan, madenlerin araştırılması, karşılaştırılması ve değerlendirilmesi konu alan, çevre sorunlarını yerbilimleri, madencilik ve toplum sağlığı açısından inceleyen özgün bilimsel araştırma ve sonuçlarını,
- Yerbilimleri ve madencilik ile ilgili problemlerin çözümünde güncel yaklaşım ve yöntemleri uygulayan araştırmaları kapsar.

2.1.2. Derleme Makaleler

- Yerbilimleri ve madencilik konularında yapılmış önceki araştırmaları eleştireci bir yaklaşımla derleyen ve o konuda yeni bir görüş ortaya koyan araştırmaları kapsar.

2.2. Eleştiri ve Yanıt Yazıları

- Bir makalenin tümünü ya da bir bölümünü eleştiren yazılar, makalenin dijital olarak yayımlandığı tarihten itibaren en geç altı ay içinde gönderildiğinde, izleyen ilk sayıda

yayımlanır.

- Eleştiri yazıları yayımlanmadan önce eleştirilen makalenin sorumlu yazarına yanıtlanması için gönderilir.
- Eleştirinin öngörülen süre içinde yanıtlanmaması durumunda eleştiri yazısı tek başına yayımlanır; sonradan gönderilen yanıtlar yayımlanmaz. Yanıtların yeniden eleştirilmesine olanak tanınmaz.
- Eleştirme ve yanıtlamada bilimsel tartışma ve etik kurallarına uyulmalıdır. Eleştiri ve yanıt yazılarının her biri varsa şekiller ile birlikte dört sayfayı aşmamalıdır.

2.3. Kısa Notlar

- Yerbilimleri ve Madencilik Dergisinin “Kısa Notlar” bölümünde, yerbilimleri ve madencilik alanında yapılmış ya da sürdürülmekte olan bilimsel araştırma ve uygulamalardan elde edilen veriler ile varlığı önceden bilinmeyen yeni bulguları yansıtan kısa, somut ve öz yazılara yer verilir.
- “Kısa Notlar” bölümünde yayımlanabilecek nitelikte düzenlenmiş yazılar, iletişimde çabukluk sağlanması amacıyla Redaksiyon Kurulu Başkanlığına yayımlanması istemi ile gönderildiği tarihten sonra çıkacak olan ilk ya da en geç ikinci sayıda sıra bekletilmeksizin yayımlanır.
- “Kısa Notlar” bölümünde yayımlanması istenen yazılar, tüm şekiller ve çizelgeler ile birlikte dört sayfayı aşmamalıdır.

3. Yayına Sunum ve Kabul

- Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nde yayımlanmak üzere sunulacak çalışmalar, Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi Yayım Kurallarına uygun biçimde TÜRKÇE hazırlanarak, <https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri> internet adresinden elektronik başvuru ile gönderilmelidir.
- Makale daha önce kısmen veya tamamen başka bir yerde yayımlanmamış olmalıdır (Özet biçiminde olanlar hariç).

- Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nde yayımlanması isteği ile gönderilen makaleler, tüm resimlemeleri ile birlikte 30 sayfayı geçmemelidir. 30 sayfayı geçen makaleler, hakemler ve editörlerce uygun görülmesi halinde yayımlanabilir.
- Gelen makalede şekil ve çizelge sayısı ana metinle orantılı olarak 1/3 oranında verilmelidir.
- Sorumlu yazardan makalenin değerlendirilmesi için en az üç hakem önerisinde bulunması istenir (Önerilen hakemler ile yazarların son iki yıl içerisinde herhangi bir ortak çalışmasının olmaması gerekmektedir).
- Nitelik ve biçim açısından Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi Yayım Kurallarına uymayan makaleler, içerik açısından incelenmeden iade edilir.
- Biçim açısından uygun görülen çalışmalar, Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi Editörlüğü tarafından en az iki uzman hakeme incelemeye gönderilir.
- Yazarlar, kendilerine gönderilen hakem düzeltme ve önerilerini 20 gün içinde yapıp sisteme yüklemelidir.
- Hakemlerden gelen görüşler Editör ve yardımcı editörler tarafından değerlendirilir. Düzeltmesi gerekli görülen çalışmalar, düzeltme talebi ile yazarlara geri gönderilir. Önerilen düzeltmelerin yapıp yapılmadığı Editörlük tarafından irdelenir.
- Editörler ve hakemler tarafından verilen düzeltme önerilerinde eğer yazar tarafından kabul edilmeyen ve düzeltme yapılmayan öneriler varsa, bu önerilerin yazar tarafından kabul edilmeme gerekçesini açıklayan bir raporun da düzeltilmiş kopyalar ile birlikte Editörlüğe gönderilmesi gereklidir.
- Basım aşamasında son kontrolden sonra makalenin ön basımı yazarlara pdf formatında iletilerek basım kontrolünün yapılması istenir.
- Yayına kabul edilmeyen makaleler yazarlarına geri verilmez, yayımlanmayan makaleler için makalenin sorumlu yazarına yayımlanmamasının nedeni yazılır.

4. Yayım Dili ve Periyodu

- Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi yılda iki kez Türkçe olarak basılır.
- Yazım kurallarında Türk Dil Kurumunun yazım kuralları geçerlidir. Ancak yerbilimleri ve madencilik ile ilgili dilimize yerleşmiş teknik terimlerin yazılışlarında, Redaksiyon Kurulu Kararı doğrultusunda genel kabul gören yazım biçimleri kullanılır (Örneğin; yeraltı, yerüstü, yerkabuğu, tenör, desandre vb).

5. Yazım Taslağı

- Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi Dergisi'nde yayımlanması isteği ile ilk incelemeye gönderilecek yazıların metni; A4 (29,7 x 21 cm) boyutunda, word formatında, Times New Roman 10 punto, normal, 2,0 satır aralığında yazılmış olmalıdır.
- Sayfanın altında, üstünde, solunda ve sağında 2,5 cm boşluk bırakılmalıdır. Özel harfler ve simgelerin kullanılmasını gerektiren formüller bilgisayar ortamında sunulmalıdır.
- Alt başlıkların tamamında, bütün kelimelerin baş harfleri büyük olmalıdır. Makalede kullanılacak birinci derece başlıklar, Times New Roman, 10 punto, kalın-koyu (bold) formatta ve rakam verilerek sola hizalı olarak yazılmalıdır. İkinci derece başlıklar, Times New Roman, 10 punto, normal yazı karakterinde ve rakam verilerek sola hizalı olarak yazılmalıdır. Üçüncü derece başlıklar, Times New Roman, 10 punto, italik yazı karakterinde ve rakam verilerek sola hizalı olarak yazılmalıdır. Dördüncü derece başlıklar ise Times New Roman, 10 punto, italik yazı karakterinde ve rakam verilmeden sola hizalı olarak yazılmalı ve başlıktan sonra iki nokta üst üste konulup, paragraf başı yapılmadan metin devam etmelidir (bkz: örnek makale: <https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri>).
- Metin içerisinde, paragraflardan sonra bir satır boşluk bırakılmalıdır.
- Paragraf başları 0,5 mm girinti yapılarak yazılmalıdır.

Bir makale sırasıyla;

-Başlık

- Yazar Adı ve Soyadı ve * işareti
- Öz
- Anahtar Sözcükler
- Giriş
- Ana Metin
- Tartışma
- Sonuçlar
- Katkı Belirtme
- Değinilen Belgeler

bölümlerini kapsamalıdır.

- Makale metnine satır ve sayfa numaraları eklenmelidir.

5.1. Makalenin Başlığı

- Başlık makalenin konusunu olabildiğince kısa, açık ve yeterli bir biçimde yansıtmalıdır. Makalede yeterince işlenmeyen konular başlık kapsamına sokulmamalıdır. Başlık ilk harfi büyük, diğer kelimeler küçük harflerle (Özel isimler hariç) ve Times New Roman 10 punto, kalın-koyu (bold) yazı karakterinde yazılmalıdır.

5.2. Yazar Adı, Adresi ve E-Posta Adresi

- Yazarların ön adı küçük, soyadı büyük harflerle ve ünvan belirtilmeden yazılmalıdır.
- Yazarların adı ve soyadından sonra yer alacak uğraşı adresinde yalnızca kuruluş adı belirtilmelidir (görevi belirtmemelidir).
- ORCID numarası www.orcid.org adresinden alınarak adresin altında yer almalıdır.
- Birden fazla yazarlı makalelerde, yazarların soyadları üzerine rakam konularak, adres bilgileri alt satırda ve tek satır boşluğu bırakılarak yer almalıdır. Bu bölümde, makalenin sorumlu yazarı yıldız (*) işareti kullanılarak belirtilmeli ve sorumlu yazara ait e-posta, telefon vb. iletişim bilgileri verilmelidir.
- Yazar adı ve uğraşı adresinin yazılmasında kısaltmalar yapılmamalıdır. Adresler, Türkçe olarak verilmelidir.

5.3. Öz

- Öz, makalenin diğer bölümlerine başvurulmadan anlaşılabilir düzeyde yazılmalıdır.

- Öz, makalenin içindeki bölümlerin kısa bir sunuşu biçiminde düzenlenmeli, makalenin amacını yansıtmalı, bilgilendirici olmalı, konu ile ilgili yeni veri ve sonuçlara vurgu yapacak şekilde yazılmalıdır.
- Özün anlatımında kısa ve yalın tümceler kullanılmalıdır.
- Öz kısmında makalenin diğer bölüm ve resimlemelerine ya da başka makalelere değinme yapılmamalıdır.
- Ana metin içerisinde işlenmemiş olan bilgilere öзде yer verilmemelidir.
- Öz yaklaşık 200 sözcüğü geçmemeli ve tek paragraf olarak yazılmalıdır.
- Öz bölümü, Times New Roman, 10 punto, normal yazı ve tek satır aralıklı olarak yazılmalıdır.
- “Kısa Notlar” bölümünde yer alacak yazılar için “ÖZ” verilmemelidir.
- Türkçe Öz bölümünün altında aynı yazım formatında, İngilizce öz “ABSTRACT” başlığı altında verilmelidir.

5.4. Anahtar Sözcükler

Taramalarda kolaylık sağlaması amacı ile makalenin genel içeriğini belirtecek beş anahtar sözcük seçilerek bu bölümde belirtilmelidir. Başlıkta kullanılan kelimeler tekrar edilmemelidir.

5.5. Giriş

- Bu bölümde araştırmanın amacı, yeri, araştırma yöntemleri, konu ile ilgili önceki incelemeler gibi makaleyi okumaya hazırlayıcı ve makalenin anlaşılmasını kolaylaştırıcı bilgilerden gerekli görülenler verilmelidir.
- Makale metni içerisinde adlandırma, sınıflama ve kısaltmalarda olağan olmayan ya da alışılmadık dışında bir yol izlenmişse, gerekçesi bu bölümde belirtilmelidir.
- Bu bölümde yer alacak konulardan her biri ayrı birer paragraf oluşturabileceği gibi, gerek görüldüğünde her biri için birer alt başlık da verilebilir (örneğin; yöntem, materyal, terminoloji vb.).
- Makalenin anlaşılmasını kolaylaştıracak

anımsatıcı bilgilere gerek duyulduğunda, yine bu bölüm kullanılabilir (örneğin; istatistik bilgileri, formüllerin çıkarılışı, analiz ya da uygulama yöntemleri vb.).

5.6. Ana Metin

- Makalenin ana bölümünü oluşturur.
- Bu bölümde okuyucuya konu ile ilgili olarak aktarılmak istenen veriler, bulgular ve görüşler işlenir.
- “Öz”, “Tartışmalar”, “Sonuçlar” gibi makalenin diğer bölümlerinde kullanılan veriler bu bölümden kaynaklanır.
- Konuların işlenmesinde yazının “Giriş” bölümünde vurgulanan amacın dışına çıkmamaya özen gösterilmelidir. Makalenin amacının gerçekleştirilmesinde katkısı olmayan ya da sonuca gitmede yararlanılmayan bilgilere yer verilmemelidir.
- Bu bölümde kullanılan her verinin ve ileri sürülen her görüşün, çalışmalardan elde edilen bulgularla kanıtlanması ya da değinme yoluyla bir kaynağa dayandırılması gerekir.
- Konuların işlenmesinde izlenecek yol ve yöntem ele alınan konuların özelliklerine göre değişir.
- Gerektiği sayıda ve değişik aşamalı konu başlıkları bu bölümde kullanılmalıdır.

5.7. Tartışmalar

- Makalenin “Ana Metin” bölümünde nesnel olarak aktarılan veri ve bulguların yazarı tarafından tartışılması bu bölümde yapılmalıdır. Tartışmalar, “Sonuçlar” bölümünden ayrı olmalıdır.

5.8. Sonuçlar

- Makale konusunu oluşturan incelemeden sağlanan yeni veri ve bulgular bu bölümde öz ve somut biçimde belirtilmelidir.
- Ana metin içinde yeterince değinilmemiş ve/veya işlenmemiş konulara bu bölümde yer verilmemelidir.
- Araştırma sonuçlarının vurgulanması ve anlatımın anlaşılabilir olması bakımından sonuçlar maddeler halinde verilebilir.

5.9. Katkı Belirtme

- Katkı belirtme, araştırma sırasında yardım sağlayan (makaleyi okuma, yazma, dil yardımı vb.) kişilere ve/veya kuruluşlar, olabildiğince kısa ve öz bir şekilde belirtmeli ve bu bölümü asıl amacından uzaklaştıracak tutuma girilmemelidir.

5.10. Değinilen Belgeler

- Bu bölümde yalnızca makalede değinilmiş olan belgeler eksiksiz olarak yer almalıdır.
- Yayın ve dergi adlarında kısaltma kullanılmamalıdır.
- Değinilen belgeler Times New Roman, 9 punto yazı karakterinde yazılmalıdır.
- Değinilen belgelerin ilk satırı sayfanın sol kenar boşluğuna yaslı bir şekilde, diğer satırları ise 1,25 asılı girinti değeri verilerek yazılmalıdır.
- Değinilen belgeler yazar soyadları göz önünde tutularak alfabetik sıraya göre dizilmelidir.
- Bir yazarın aynı yıl için birden çok çalışmasının yer alması durumunda, yayım yılından hemen sonra küçük alfabe harfleri kullanılmalı ve harfler italik olmalıdır (örneğin; Saklar, 2011a, b).
- Aynı yazarın birden çok belgesine değinilmişse, önce kendisinin tek isimli yayımları tarih sırasına göre, daha sonra iki isimliler ikinci yazarın soyadı ve tarih sırasına göre ve daha sonra da çok isimliler yazarların soyadlarının alfabetik sırası ve yayım yılı sırasına göre verilmelidir.

Örneğin:

Corradini, C., 2007. The conodont genus *Pseudooneotodus Drygant* from the Silurian and Lower Devonian of Sardinia and the Carnic Alps (Italy), *Bollettino-Società Paleontologica Italiana* 46(2/3), 139-148.

Corradini, C., Corrigan, M. G., 2010 Silurian and lowermost Devonian conodonts from the Passo Volaiia area (Carnic Alps, Italy), *Bollettino della Società Paleontologica Italiana* 49(3), 237-253.

Corradini, C., Corrigan, M. G., A 2012. Pridoli–Lochkovian conodont zonation in Sardinia and the Carnic Alps: implications for a global zonation

scheme, Bulletin of Geosciences 87(4), 635-650.

Corradini, C., Serpagli E., 1999. A Silurian conodont biozonation from late Llandovery to end Pridoli in Sardinia (Italy), In Serpagli (Ed.), Studies on conodonts: Proceedings of the 7th European Conodont Symposium, Bollettino della Società Paleontologica Italiana 37 (2-3) (1998), 255-273.

Corradini, C., Corriga, M. G., Männik, P., Schönlaub, H. P., 2015. Revised conodont stratigraphy of the Cellon section (Silurian, Carnic Alps), Lethaia 48(1), 56-71.

Corradini, C., Leone, F., Loi, A., Serpagli, E., 2001. Conodont Stratigraphy of A Highly Tectonised Silurian-Devonian Section in The San Basilio Area (Se Sardinia, Italy), Bollettino Della Società Paleontologica Italiana 40(3): 315-323, 1 Pl.

Corradini, C., Pondrelli, M., Serventi, P., Simonetto, L., 2003. The Silurian cephalopod limestone in the Monte Cocco area (Carnic Alps, Italy): conodont biostratigraphy, Revista Española de Micropaleontología 35(3), 285-294.

- Aynı soyadlı farklı yazarların belgelerine değinilmişse, ilk isimler dikkate alınarak alfabetik sıraya göre yazılmalıdır.
- Belge süreli (periyodik) bir yayında yer alıyorsa (bir makale ise), belge ile ilgili bilgiler şu sıraya göre verilir: Yazarların soyadı, yazarların ön adlarının baş harfleri. Yayım yılı. Belgenin adı. İlk harfleri büyük olacak şekilde belgenin yayımlandığı yayının adı, cilt numarası ve/veya sayı numarası, belgenin ilk ve son sayfasının numaraları. Dergi isimlerinden sonra virgül vb. noktalama işaretleri kullanılmamalıdır.
- Aşağıdaki örneklerde, değinilen belgelerle ilgili bilgiler değişik belge türlerine göre, noktalama işaretleri de gözetilerek düzenlenmiştir.

Örneğin:

Gürsoy, M. 2017. Munzur Dağları Alt Miyosen çökelleri mollusk topluluğu ve paleoekolojisi (Doğu Anadolu, Türkiye). Bulletin of the Mineral Research and Exploration 155, 75-99.

Pamir, H. N. 1953. Türkiye'de kurulacak bir Hidrojeoloji Enstitüsü hakkında rapor. Türkiye Jeoloji Bülteni 4, 1, 63-68.

Robertson, A. H. F. 2002. Overview of the genesis and emplacement of Mesozoic ophiolites in the Eastern Mediterranean Tethyan region. Lithos 65, 1-67.

- Belge bir kitap ise sırasıyla: yazarların soyadı, yazarların ön adlarının baş harfleri. Yayım yılı. İlk harfleri büyük olacak şekilde kitabın adı. Yayımlayan kuruluşun adı veya belgenin yayımlandığı yayının adı, cilt ve/veya sayı numarası, kitabın toplam sayfa sayısı belirtilmelidir.

Örneğin:

Einsele, G. 1992. Sedimentary Basins. Springer Verlag, 628.

Ketin, İ., Canitez, N. 1956. Yapısal Jeoloji. İTÜ, 308.

Meriç, E. 1983. Foraminiferler. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Eğitim Serisi, 26, 280.

- Belge çeşitli yazarların yazılarının yer aldığı bir kitapta yayımlanmış ise belge adının sonuna kadar, süreli (periyodik) bir yayında yer alan belge için uygulanan olağan sıra izlenir. Daha sonra editörlerin soyadları ve adlarının baş harfleri ve editör sözcüğünün kısaltılmışı olan "Ed." parantez içinde yazılır. Sonra, ilk harfleri büyük olacak şekilde belgenin yer aldığı kitabın adı yazılır. Yayımlayan kuruluşun adı. Yayım yeri, belgenin yayımlandığı yayının cilt numarası ve belgenin ilk ve son sayfalarının numaraları yazılmalıdır.

Örneğin:

Anderson, L. 1967. Latest information from seismic observations. Gaskell, T. F. (Ed.). The Earth's Mantle. Academic Press. London, 335-420.

Göncüoğlu, M. C., Turhan, N., Şentürk, K., Özcan, A., Uysal, Ş., Yalınz, K. 2000. A geotraverse across northwestern Turkey. Bozkurt, E., Winchester, J. A., Piper, J. D. A. (Ed.). Tectonics and Magmatism in Turkey and the Surrounding Area. Geological Society of London. Special Publication 173, 139-162.

- Belge olarak, çeşitli yazarların yazılarının toplandığı bir kitabın adı belirtilmek istenirse; yazar adlarının yazımına uygulanan düzene uyularak, kitabın editörlerinin soyadları ve adlarından sonra parantez içinde, editör sözcüğünün kısaltılmışı olan "Ed." ifadesi

yazılır. Yayın yılı. İlk harfleri büyük olacak şekilde kitabın adı. Yayımlayan kuruluşun adı veya belgenin yayımlandığı yayının adı, cilt ve/veya sayı numarası ve kitabın toplam sayfa sayısı belirtilmelidir.

Örneğin:

Gaskel, T. F. (Ed.). 1967. The Earth's Mantle. Academic Press, 520.

- Belge “yayımlanmış bildiri özü” ise belge ile ilgili bilgiler şu sıraya göre verilir: Yazarların soyadları, yazarların ön adlarının baş harfleri. Yayın yılı. Belgenin (bildirinin) adı. Bildirinin yayımlandığı toplantının adı, tarihi, yeri, kitap içerisinde bildiri özünün yer aldığı ilk ve son sayfa numaraları yazılmalıdır.

Örneğin:

Öztunalı, Ö., Yenyol, M. 1980. Yunak (Konya) yöresi kayaçlarının petrojenezi. Türkiye Jeoloji Kurumu 34. Bilim Teknik Kurultayı, 1980, Ankara, 36.

Yılmaz, Y. 2001. Some striking features of the Anatolian geology. 4. International Turkish Geology Symposium, 24-28 Eylül 2001, Adana, 13-14.

- Değinen belge, rapor, ders notları, vb. gibi yayımlanmamış ise, belge ile ilgili bilgiler, süreli (periyodik) bir yayında yer alan belge için uygulanan olağan düzen verildikten sonra, belge ile ilgili bilgilerin sonuna parantez içinde “yayımlanmamış” sözcüğü yazılmalıdır.

Örneğin:

Akyol, E. 1978. Palinoloji ders notları. EÜ Fen Fakültesi Yerbilimleri Bölümü, 45, İzmir (yayımlanmamış).

Özdemir, C., Biçen, C. 1971. Erzincan ili, İliç ilçesi ve civarı demir etütleri raporu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Rapor No: 4461, 21, Ankara (yayımlanmamış).

- Yayımlanmamış kurs, seminer, vb. notlar için belge adından sonra kursu düzenleyen kuruluş. Toplantının yeri. Kitabın adı, ilgili sayfa numaraları verilmelidir.

Örneğin:

Walker, G.R., Mutti, E. 1973. Turbidite facies and facies associations. Society for Sedimentary Geology

Pacific Section Short Course. Anaheim. Turbidites and Deep Water Sedimentation, 119-157.

- Belge bir tez ise; yazarın soyadı, yazar ön adının baş harfi. Yayın yılı. Tezin adı. Tezin türü, verildiği üniversite, toplam sayfa sayısı ili ve parantez içinde “yayımlanmamış” sözcüğü yazılır.

Örneğin:

Akıllı, H. 2019. Polatlı-Haymana (Ankara) civarı sıcak sularının izotop jeokimyası ($\delta^{18}O$, δD , $3H$, $\delta^{13}C$, $\delta^{34}S$, $87Sr/86Sr$) ve ana iz element bileşimleri ile incelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, 255, Ankara (yayımlanmamış).

Argun Aktan, Ö. 2019. Marmara Denizi Batı Kıta Sahaneliği Yüzeysel Çökellerinde Jeojenik ve Antropojenik Ağır Metal Zenginleşmesine Yönelik Araştırmalar (Şarköy Kanyonu, KB Türkiye). Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 179, Ankara.

- Anonim eserler, yayımlayan kuruluşa göre düzenlenmelidir.

Örneğin:

MTA. 1964. 1/500.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritası, İstanbul Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Baskıda olan belgeler için yazar adından sonra tarih konulmaz, yazının adı ve yayımlanacağı kaynak belirtilmeli ve en sonuna (parantez içerisinde) “baskıda” ve/veya “incelemede” sözcüğü yazılmalıdır.

Örneğin:

İshihara, S. The granitoid and mineralization. Economic Geology 75 th Anniversary (in press).

- İnternette indirilen bilgiler kurumun adı, web adresi, web adresine girildiği tarih şeklinde verilmelidir. Türkçe kaynaklar doğrudan Türkçe olarak verilmeli ve Türkçe karakterlerle yazılmalıdır.

Örneğin:

ERD (Earthquake Research Department of Turkey). <http://www.afad.gov.tr>. 3 Mart 2013.

- Kaynak belirtilirken, orijinal dile bağlı kalınmalı, makale başlığının çevirisi yapılmamalıdır.

6. Resimlemeler

- Makalede kullanılan çizim, fotoğraf, levha ve çizelgelerin tümü “resimleme” adıyla anılmaktadır.
- Resimlemeler, kullanılmalarının kaçınılmaz olduğu ya da konunun anlaşılmasını kolaylaştırdıkları durumlarda kullanılmalıdır.
- Resimlemelerin biçim ve boyutlarının seçimi ve düzenlemesinde, derginin sayfa boyu ve düzeni göz önünde tutularak, yer kaybını olabildiğince önleyecek tutum içinde bulunulmalıdır.
- Kullanılan resimleme sayısı metnin boyutuyla orantılı olmalıdır.
- Tüm resimlemeler metinden bağımsız olarak ayrı dosyalar halinde gönderilmelidir.
- Metin içerisinde resimleme açıklamalarında kısaltmalar kullanılmamalı ve metin içindeki anılma sırası ile numaralandırılmalıdır.
- Fotoğraf ve levhalar makalenin incelenme aşaması için tüm ayrıntıların görülebildiği bilgisayar dosyası olarak, EPS, TIFF veya JPEG uzantılı ve en az 300 dpi çözünürlükte verilmelidir.

6.1. Şekiller

- Makalede yer alacak levha dışındaki çizim ve fotoğraflar birlikte “Şekil” olarak değerlendirilir ve metin içindeki anılma sırası ile numaralandırılır.
- Şekiller bilgisayar ortamında tek kolon genişliği 7,4 cm veya çift kolon genişliği 15,8 cm boyutları dikkate alınarak hazırlanmış olmalıdır. Şekil alanı alt makaleyle birlikte 15,8x21 cm’yi geçmemelidir.
- Şekiller hazırlanırken gereksiz ayrıntılara yer verilmemeli ve bilgi aktarımı için gerektiğinden çok yer kullanılmamaya özen gösterilmelidir.
- Şekil açıklamalarında, “Şekil” sözcüğü yazıldıktan sonra bir boşluk bırakılarak olağan sıra sayısı ile numara verildikten sonra bir kısa çizginin (-) ardından tekrar bir boşluk bırakılarak ilgili olduğu şeklin açıklaması yazılmalıdır. Şekil açıklaması alt satırlara taşarsa, diğer satırlar “Şekil 1-” ifadesinin hizasından sonra

yazılmaya devam edilmelidir. Şekil açıklamaları şeklin kenarlarını taşmayacak şekilde ve iki yana yaslı olarak aşağıdaki gibi oluşturulmalıdır.

Örneğin:

Şekil 1- Sandıklı İlçesinin (Afyon); a) güneybatısının jeolojik haritası, b) İnceleme alanının genel dikme kesiti (Seymen 1981), c) Türkiye’nin önemli neotektonik yapıları (Koçyiğit 1994’den değiştirilerek).

Şekil 1- a) Sandıklı ilçesinin güneybatısının jeolojik haritası, b) İnceleme alanının genel dikme kesiti (Seymen 1981), c) Türkiye’nin önemli neotektonik yapıları (Koçyiğit 1994’den değiştirilerek).

- Çizimler bilgisayar ortamında düzgün, temiz ve özenli çizilmiş olmalıdır.
- Şekillerde küçültüldüğünde kaybolabilecek ince çizgilerin kullanılmasından kaçınılmalıdır.
- Tüm çizimlerde kullanılan simge ya da harfler, Times New Roman yazı karakterinde ve 2 mm (7 punto) boyutundan küçük olmamalıdır.
- Çizimlerde kullanılan standartlaşmış tüm simgeler tercihen çizim içinde, bunların çok uzun olması halinde ise şekil altı yazısında açıklanmalıdır.
- Tüm çizimlerde çizgisel ölçek kullanılmalı ve tüm haritalarda kuzey yönü gösterilmelidir.
- Çizim içinde yazar adı, şekil açıklaması, şekil numarası yer almamalıdır.
- Fotoğraflar konunun amaçlarını yansıtabilecek nitelikte ve sayıda olmalıdır.
- Şekiller çerçeve içine alınmalıdır.

6.2. Levhalar

- Levhalar, birden çok sayıda fotoğrafın bir arada ve özel nitelikte bir kâğıda basımının gerektiği durumlarda kullanılmalıdır.
- Levha boyutları derginin sayfasının kullanılabilir alanının boyutlarına eşit olmalıdır.
- Levha içerisinde yer alan şekillerden her birinin altına şekil numaraları yazılmalı ve çizgisel ölçek kullanılmalıdır.
- Orijinal levhalar makalenin kabulü durumunda sunulacak son kopyaya eklenmelidir.

- Şekiller ve levhalar kendi aralarında ve birbirinden bağımsız olarak numaralandırılmalıdır. Şekiller Latin rakamları ile levhalar ise Romen rakamlarıyla numaralanmalıdır (örneğin; Şekil 1, Levha I).
- Levha içerisinde yer alan şekiller üzerinde açıklama yazısı bulunmamalıdır.

6.3. Çizelgeler

- Tüm çizelgeler, word formatında düzenlenmeli ve Times New Roman yazı karakterinde hazırlanmalıdır.
- Çizelgeler çizelge üst yazısı ile birlikte 15x8 cm boyutunu geçmemelidir.
- Çizelge açıklamaları şeklin kenarlarını taşmayacak şekilde ve iki yana yaslı olarak aşağıdaki örnekteki gibi oluşturulmalıdır.

Örneğin:

Çizelge 1- İnceleme alanındaki jeotermal suların hidrojeokimyasal analiz sonuçları.

7. Adlama ve Kısaltma

- Kısaltmalar kabul edilen uluslararası veya ulusal şekilde olmalıdır. Makalede alışılmadık dışında adlandırma ve standartlaşmamış kısaltmalar yapmaktan kaçınılmalıdır. Bu türden adlandırma ve kısaltmaların kullanılmasının zorunlu görüldüğü durumlarda izlenen yol ve yöntem açıklanmalıdır.
- Standart kısaltmalarda kullanılan sözcük baş harfleri arasına nokta konulmamalıdır (MTA, DSİ gibi).
- Coğrafya yönlerinin kısaltmaları Türkçelerine göre yapılmalıdır (K, G, D, B, KD).
- Kısaltılacak sözcük grubu ilk kullanıldıkları yerde açık olarak yazılmalı ve parantez içerisinde kısaltması verilmeli, bundan sonra tüm makale boyunca kısaltılmış şekli kullanılmalıdır.
- Ölçü birimlerinde uluslararası geçerliliği olan sistemler (m, inç vb.) kullanılmalıdır. Ondalık sayılar Türkçe makalede virgül, İngilizce makalede nokta ile ayrılmalıdır.
- Makale içinde geçen şekil, levha ve çizelge adlarında kısaltma yapılmamalıdır. Örneğin

“Bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesitinde (Şekil 1) görüldüğü gibi.....”

7.1. Kronostatigrafi ve Jeokronoloji Adlamaları

- Kronostatigrafik ve Jeokronolojik adlamalarda, Uluslararası Stratigrafi Komitesince her yıl güncellenen “Uluslararası Kronostatigrafik Çizelge” (<https://stratigraphy.org/chart>) dikkate alınmalıdır.
- Bir kronostatigrafik birim içindeki konum, konumu gösteren sıfatlarla ifade edilebilir, örneğin: alt, orta, üst, vb. Bu sıfatlar kullanılırken sıfatların büyük ya da küçük harf ile başlanmasına Uluslararası Kronostatigrafik Çizelge’de alt, orta, üst ayrımının resmi/gayri resmi olup olmaması ile karar verilmelidir.

Örneğin:

alt Miyosen, Üst Holosen vb.

- Bir jeokronolojik birim içindeki zamanın neresinde olduğunu belirtirken ise erken, orta, geç vb. gibi zamansal sıfatlar kullanılabilir. Bu sıfatlar kullanılırken sıfatların büyük ya da küçük harf ile başlanmasına yine Uluslararası Kronostatigrafik Çizelge dikkate alınmalıdır.

Örneğin:

erken Miyosen, Geç Holosen vb.

7.2. Paleontoloji Adlamaları ve Fosil Adlarının Yazılışı

- Fosillerin orjinal adları kullanılmalıdır.

Örneğin: Nummulites’li kireçtaşı

- Fosil cins ve tür isimleri italik, fosil isimleri ile birlikte kullanılan cf., aff. ve gr. vb. ifadeler ise normal (dik) olarak yazılır. Fosil isimleri ilk defa yazılırken tanımlayan kişilerin soyadları ve ilk kez tanımlandığı yıl yazılmalıdır. Daha sonraki kullanımlarda tanımlayan kişilerin soyadları ve tanımlandığı yıl yazılmayabilir. Fosil isimlerinin sonlarına gelen tanımlayan kişilerin soyadları ve tarihler atf değildir, değinilen belgelerde yer almamalıdır.

Örneğin:

Alveolina aragonensis Hottinger, 1960 atf değildir.

Alveolina cf. aragonensis Hottinger, 1960 atf değildir.

Alveolina aff. aragonensis Hottinger, 1960 atıf değildir.

Alveolina gr. aragonensis Hottinger, 1960 atıf değildir.

- Aynı cinsin, metin içerisinde ilk kullanımı açık yazıldıktan sonra daha sonraki kullanımlarında başka bir cins ile karışmayacak şekilde örnekteki gibi kısaltılabilir.

Örneğin: Alveolina aragonensis, A. polathensis, A. ellipsoidalis vb.

- Eğer metin içerisinde fosil isminden sonra tanımlayan kişiden sonra tarih parantez içerisinde ise bu bir atıftır ve değinilen belgelerde yer almalıdır.

Örneğin: Alveolina aragonensis Hottinger (1960) atıftır.

- Sistematik paleontoloji bölümü yazılırken aşağıdaki kurallara dikkate alınmalıdır.

a. Öncelikle tanımlaması yapılacak cins, tür ve alttürün bağlı olduğu takım, üst aile, aile tip tür vb. hiyerarşik sıraya göre yazılmalıdır. Daha sonra tanımlanacak tür, alttürün adı tanımlayan kişilerin soyadları ve tarihi ile birlikte yazılmalıdır. Tanımlanan fosilin fotoğrafı varsa, fotoğrafın yer aldığı levha veya şekil fosil isminin altına eklenmelidir. Burada yer alan yazar adları atıf değildir, bu nedenle değinilen belgelerde yer almaz.

Örneğin:

Takım/Ordo: Foraminiferida Eichwald, 1830

Üst Aile/Süper Family: Alveolinacea Ehrenberg, 1839

Aile/Family: Alveolinidae Ehrenberg, 1839

Tip Cins/Type Genus: Borelis de Montfort, 1808

Tip Tür/Type Species: Borelis melenoides de Montfort, 1808= Nautilus melo Fichtel and Moll, 1798

Borelis vonderschmitti (Schweighauser, 1951)

(Levha II, Şekil 3-5 veya Şekil 3 A-H).

b. Benzer veya eş anlamlılar (sinonim) listesi tarih sırasına göre sola hizalı olarak yazılmalıdır. Sinonim fosilin, ilgili çalışmadaki sayfa ve şekil numarası sinonim listesinde yer almalıdır. Sinonim listesinde yer alan yazarlar atıftır ve değinilen belgelerde yer almalıdır.

Örneğin:

1951 Neoalveolina vonderschmitti Schweighauser, sayfa 468, şekil 1-4.

1974 Borelis vonderschmitti (Schweighauser), Hottinger, sayfa 67, levha 98, şekil 1-7.

c. Sinonim listesi verildikten sonra fosile ait tanım, açıklamalar (benzerlik ve farklılıklar), boyutlar, materyal, stratigrafik dağılım (fosili tanımlayan özelliklerine göre) vb. yazılmalıdır.

d. Sistematik paleontoloji bölümünde fosil ilk kez (yeni tür) tanımlanıyor ise adın kökeni, holotip, tip yeri, malzeme, tanım, açıklama (benzerlik ve farklılıklar), yaş ve coğrafik dağılımı, boyutlar (fosili tanımlayan özelliklerine göre) yazılmalıdır. Yazarlar tarafından ilk kez tanımlanan fosilin fotoğrafları mutlaka levha ya da şekillerde olmalıdır.

e. Levha / Şekillerde fosillerin büyüklüklerini belirtir çizgisel ölçek mutlaka kullanılmalıdır.

8. Değinmeler

- Ana Metin içinde yapılacak değinmelerde yazarların yalnızca soyadları ve değinilen yayının yayım yılı belirtilmelidir. Değinmeler ifade şekline göre aşağıdaki örneklerden birine uygun olarak düzenlenmelidir:
- Tek yazarlı bir yayına (tarih sırasına göre) değinme:

-Altınlı (1972, 1976), Bilecik kumtaşını ayrıntılı olarak tanımlamıştır.

-İstanbul dolayında Devoniyen ve Karbonifer yaştaki birimlerin kıvrım eksenlerinin K-G yönlü olduğu bilinmektedir (Ketin, 1953,1956; Altınlı, 1999).

- İki yazarlı bir yayına değinme:

- Birimin üst kesimleri İlerdiyen fosillerini kapsamaktadır (Sirel ve Gündüz, 1976; Keskin ve Turhan, 1987, 1989).

- İki yazarlı bir yayına değinme:

- Caner vd. (1975)'ne göre Alıcı formasyonu akarsu ortam koşullarını yansıtmaktadır.

- Birim D'ya doğru kamalanarak kaybolmaktadır (Tokay vd., 1984).

- Bir başka yayın içindeki değinmeye değinme:

Lebling'in Çakraz dolayında Liyas'ın varlığından söz ettiği bilinmektedir (Lebling, 1932 Charles, 1933'ten).

- Aynı soyadlı yazarların aynı yılda yapılan çalışmalarına atıf yapılırken yazarların ilk isimlerinin baş harfleri yazılarak değinme:

- Çalışma alanında yapısal jeoloji alanında birçok çalışma yapılmıştır (Gutnic vd., 1979; Yılmaz A., 1983; Yılmaz, İ., 1983; Poisson vd., 1984 vb.).

9. Yazarlara Gönderilen Baskılar

Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi'nde yayımlanmış olan eserlerin yazarlarına, derginin ilgili sayısından 2'şer adet gönderilir.

10. Yayın Koşulları ve Telif Hakları

- MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisinde yayımlanacak makalelerin bir kısmının veya tamamının daha önceden yayımlanmamış olması gerekmektedir.

- MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisine yayın gönderen yazarlar Derginin yayım kurallarını önceden kabul etmiş sayılır.
- Yayımlanması kabul edilerek yayın haline dönüştürülen makalelerin telif hakkı MTA'ya aittir. Çalışmanın yazarları telif hakkının devredildiğine ilişkin olarak Redaksiyon Kurulu Yönetmeliği'nde belirtilen hükümler kapsamında ilgili formları imzalayarak Redaksiyon Kurulu'na sunar. MTA, makalenin yayımlanmasının ardından, makalenin yazarlarına, beyanları üzere "Redaksiyon Kurulu Yönetmeliği" ile "Kamu Kurum ve Kuruluşlarınca Ödenecek Telif ve İşlenme Ücretleri Hakkındaki Yönetmelik" kapsamında telif ücreti ödeyebilir.

NOT: MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi ile ilgili bilgiler ve formlara: <https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri> internet sayfasından ulaşılabilir.